

СПРАВОЧНИК РАДИОЛЮБИТЕЛЯ-КОНСТРУКТОРА

СПРАВОЧНИК РАДИОЛЮБИТЕЛЯ-КОНСТРУКТОРА

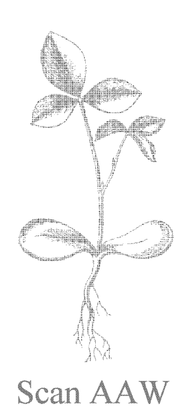


МАССОВАЯ РАДИОБИБЛИОТЕКА

Выпуск 824

СПРАВОЧНИК РАДИОЛЮБИТЕЛЯ-КОНСТРУКТОРА

Под общей редакцией Р. М. Малинина





«ЭНЕРГИЯ»

МОСКВА 1973

6Ф.2.1(083)
С74
УДК 621.37/39(031)

Авторы: Гумеля Е. Б., Джунковский Г. Н., Индлин Ю. А., Капчинский Л. М., Корольков В. Г., Лаповок Я. С., Лозицкий Б. Н., Малинин Р. М., Сотников С. К., Терехов В. А., Толкачева Я. А.

Справочник радиолюбителя-конструктора

С74 Под общ. ред. Р. М. Малинина. М., «Энергия», 1973.

408 с. с ил. (Массовая радиобиблиотека. Вып. 824).

На обороте тит. л. авт.: Е. Б. Гумеля, Г. Н. Джунковский, Ю. А. Индлин и др.

Справочник содержит практические рекомендации по выбору схем и их компонентов, по конструированию, монтажу и налаживанию радиоприемников, телевизоров, магнитофонов и любительских КВ и УКВ передатчиков.

Приводятся справочные материалы по электровакуумным и полупроводниковым приборам, резисторам, конденсаторам и другим компонентам аппаратуры, используемым радиолюбителями в своих конструкциях.

Справочник предназначается для радиолюбителей, овладевших элементарными основами радиоэлектроники, имеющих некоторый опыт в монтаже радиоэлектронной аппаратуры по готовым схемам и описаниям, приступающих к самостоятельному конструированию. Он также может быть полезен радиоспециалистам.

$С \frac{0345-042}{051(01)-73}$ 258—73 6Ф2.9

Гумеля Евгений Борисович, Джунковский Георгий Николаевич, Индлин Юрий Александрович, Капчинский Лев Михайлович, Корольков Вадим Георгиевич, Лаповок Яков Семенович, Лозицкий Борис Никифорович, Малинин Роман Михайлович, Сотников Сергей Кузьмич, Терехов Владимир Анатольевич, Толкачева Янина Алексеевна

СПРАВОЧНИК РАДИОЛЮБИТЕЛЯ-КОНСТРУКТОРА

Редакторы издательства: *Абрамов В. А., Алешкин А. П., Жукова Т. В.*

Переплет художника *А. А. Иванова*

Технический редактор *Л. М. Кузнецова*. Корректор *З. Б. Драновская*

Сдано в набор 10/VIII 1972 г. Подписано к печати 8/II 1973 г. Т-03502. Формат 70×108[1]/16. Бумага типографская № 2. Усл. печ. л. 35,7. Уч.-изд л. 41,89. Тираж 150 000 экз Заказ 436. Цена 2 руб. 27 к.

Ордена Трудового Красного Знамени Ленинградская типография № 1 «Печатный Двор» имени А. М. Горького «Союзполиграфпрома» при Государственном комитете Совета Министров СССР по делам издательств, полиграфии и книжной торговли, Ленинград, Гатчинская ул., 26.

СОДЕРЖАНИЕ

ПРЕДИСЛОВИЕ

Радиолюбительство начинается с изучения основ радиотехники и сборки несложной радиоаппаратуры по готовым схемам и описаниям с помощью популярной научно-технической литературы. По мере накопления знаний и опыта в монтаже радиосхем радиолюбителям становятся доступными для изготовления более сложные устройства.

Приобретя капитальные знания в области радиоэлектроники и хорошо освоив технику монтажа, радиолюбители переходят на более высокую ступень творческой деятельности: создают собственные конструкции радиоэлектронной аппаратуры. Сконструированные радиолюбителями устройства зачастую превосходят по качественным показателям аналогичные по назначению устройства промышленного производства, нередко отличаются оригинальностью схемных и конструктивных решений, оригинальностью внешнего оформления.

Из среды радиолюбителей вышли известные ученые и специалисты; для многих молодых людей радиоэлектроника сделалась основной профессией.

Не одному поколению советских радиолюбителей оказывали необходимую помощь в учебе и в творческой работе школьные радиокружки, Дворцы и Дома пионеров и школьников, станции юных техников, самодеятельные радиокружки и радиоклубы на предприятиях и в учебных заведениях, радиоклубы ДОСААФ, журнал «Радио», книги и брошюры Массовой радиобиблиотеки, которая выпускается издательством «Энергия» уже 25 лет.

Эта книга предназначается для радиолюбителей, достаточно хорошо знакомых с основами электротехники, электроники и радиотехники, имеющих опыт в монтаже аппаратуры по готовым схемам и описаниям, приступающих к самостоятельному конструированию. В связи с этим в «Справочнике радиолюбителя-конструктора» не даются описания физических процессов, лежащих в основе радиоэлектроники, не поясняются принципы действия аппаратуры, поскольку все эти сведения имеются в выпускаемых издательством «Энергия» учебниках для радиолюбителей и в другой научно-популярной литературе по электротехнике, электронике и радиотехнике.

Большой авторский коллектив, в состав которого входят известные специалисты-популяризаторы, постарался дать в этом справочнике возможно больший объем сведений, которые могут непосредственно понадобиться радиолюбителю-конструктору в его практической работе.

Чтобы ориентировать радиолюбителей-конструкторов на создание аппаратуры, действительно отвечающей современному уровню техники, в соответствующих разделах справочника приводятся установленные Государственными стандартами СССР и нормалями качественные показатели бытовой радиоэлектронной аппаратуры (радиовещательные приемники, телевизоры, магнитофоны, электрофоны), а схемы, чертежи и другой материал справочника выполнены с учетом Единой системы конструкторской документации (ЕСКД), введенной с 1971 г. как Государственные стандарты СССР, по которым работает отечественная промышленность, в том числе и радиоэлектронная. Обозначения единиц физических величин в справочнике соответствуют Международной системе единиц СИ с учетом их обозначения по проекту нового ГОСТ «Единицы физических величин».

Поскольку этот справочник является одним из первых изданий для радиолюбителей, в которых используется ЕСКД и упомянутый ГОСТ, в справочнике приводятся таблицы графических и буквенных обозначений, в необходимых случаях с указанием их соответствия ранее применявшимся в технической литературе обозначениям.

По некоторым вопросам в справочнике нет достаточно полных материалов, так как не представляется возможным быстро вносить в книжные издания дополнения, определяемые интенсивным развитием отечественной радиоэлектроники.

Редакционная коллегия Массовой радиобиблиотеки и коллектив авторов будут благодарны читателям за отзывы и замечания по настоящему справочнику, которые просим присылать по адресу: 113114, Москва, М-114, Шлюзовая наб., 10, издательство «Энергия», редакция Массовой радиобиблиотеки.

Е. ГЕНИШТА
Лауреат Ленинской и Государственной премий СССР,
член редколлегии Массовой радиобиблиотеки

ОБОЗНАЧЕНИЯ И СОКРАЩЕНИЯ, ПРИНЯТЫЕ В СПРАВОЧНИКЕ

Сокращенные обозначения единиц физических величин

Ниже приводятся используемые в справочнике сокращенные обозначения единиц физических величин согласно проекту нового ГОСТ (прямой шрифт); рядом с ними даны сокращения физических величин, которые применяются в научно-технической литературе (курсив).

А, *а* — ампер — единица величины электрического тока.
А·ч, *а·ч* — ампер-час — единица количества электричества, емкости, гальванического, аккумуляторного элемента, батареи.
В, *в* — вольт — единица электрического напряжения.
В·А, *ва* — вольт-ампер — единица полной электрической мощности.
Вт, *вт* — ватт — единица активной электрической мощности.
г. — год.
г, *г* — грамм.
Г, *гн* — генри — единица индуктивности и взаимоиндукции.
ГГц, *Ггц* — гигагерц — единица частоты (1 млрд. Гц = = 1 000 МГц)
Гц, *гц* — герц — единица частоты.
дБ, *дб* — децибел — логарифмическая единица для измерения уровней и отношений электрических сигналов или акустических величин.
Кл, *к* — кулон — единица количества электричества, величины электрического заряда.
кВ, *кв* — киловольт — единица электрического напряжения (1 000 В).
кВт, *квт* — киловатт — единица электрической мощности (1 000 Вт).
кВт·ч, *квт·ч* — киловатт-час — единица электрической энергии (1 000 Вт·ч).
кг, *кг* — килограмм.
кд, *св* — кандела (свеча) — единица силы света.
кд/м², *св/м²* (*нт*) — кандела на квадратный метр (нит) — единица яркости.
кГц, *кгц* — килогерц — единица частоты (1 000 Гц).
км, *км* — километр.
кОм, *ком* — килоом — единица электрического сопротивления (1 000 Ом).
л, *л* — литр.
лк, *лк* — люкс — единица освещенности.
м, *м* — метр.
м², *м²* — квадратный метр.
м³, *м³* — кубический метр.
м/с, *м/сек* — метр в секунду — единица скорости.
мА, *ма* — миллиампер — единица величины электрического тока (0,001 А).
мВ, *мв* — милливольт — единица электрического напряжения (0,001 В).
мВ·А, *мва* — милливольт-ампер — единица полной электрической мощности.
мВ/м, *мв/м* — милливольт на метр — единица напряженности электрического поля радиоволн.
мВт, *мвт* — милливатт — единица активной электрической мощности (0,001 Вт).
мГ, *мгн* — миллигенри — единица индуктивности, взаимоиндукции (0,001 Г).
МГц, *Мгц* — мегагерц — единица частоты (1 млн. Гц).
мес. — месяц.
мин — минута.
мкм, *мкм* — микрометр (микрон, 0,001 мм).
мкА, *мка* — микроампер — единица величины электрического тока (0,001 мА).
мкВ, *мкв* — микровольт — единица электрического напряжения (0,001 мВ).
мкВ/м, *мкв/м* — микровольт на метр — единица напряженности электрического поля радиоволн.
мкВт, *мквт* — микроватт — единица электрической мощности (0,001 мВт).
мкГ, *мкгн* — микрогенри — единица индуктивности, взаимоиндукции (0,001 мГ).
Мкс, *мкс* — максвелл — единица магнитного потока.
мкс, *мксек* — микросекунда (одна миллионная доля секунды).
мкСм, *мксим* — микросименс — единица электрической проводимости.
мкФ, *мкф* — микрофарада — единица электрической емкости (одна миллионная доля фарады).
мм, *мм* — миллиметр.
мм², *мм²* — квадратный миллиметр.
мм³, *мм³* — кубический миллиметр.
мм рт. ст. — миллиметр ртутного столба — единица атмосферного давления.

мН — миллиньютон — единица силы (0,001 Н).
МОм, *Мом* — мегом — единица электрического сопротивления (1 млн. Ом).
Н, *н* — ньютон — единица силы.
нФ — нанофарада (1 000 пФ = = 0,001 мкФ).
Па, *н/м²* — паскаль (ньютон на квадратный метр) — единица давления.
пс, *псек* — пикосекунда (10^{-12} с).
пФ, *пф* — пикофарада — единица электрической емкости (одна миллионная доля микрофарады).
с, *сек* — секунда.
См, *сим* — сименс — единица электрической проводимости.
см, *см* — сантиметр.
см², *см²* — квадратный сантиметр.
см³, *см³* — кубический сантиметр.
см/с, *см/сек* — единица скорости.
ср, *стер* — стерадиан — единица телесного узла.
Т, *тл* — тесла — единица магнитной индукции.
ч, *ч* — час.
Ф, *ф* — фарада — единица электрической емкости.
Э, *э* — эрстед.
эВ, *эв* — электрон-вольт — единица электромагнитной энергии.
•С — градус Цельсия — температура, разность температур.

Сокращения терминов, принятые в справочнике

АМ — амплитудная модуляция; амплитудно-модулированный.
АПЧ — автоматическая подстройка частоты.
АПЧГ — автоматическая подстройка частоты гетеродина.
АПЧ и Ф — автоматическая подстройка частоты и фазы.
АРУ — автоматическое регулирование усиления; автоматический регулятор усиления.
АРЯ — автоматическое регулирование яркости изображения.
ВЧ — высокая частота; высокочастотный.
ГИР — гетеродинный индикатор резонанса.
ГОСТ — Государственный стандарт.
ДВ — длинные волны; длинноволновый.
ДМВ — дециметровые волны.
ЗГ — задающий генератор.
КВ — короткие волны; коротковолновый.
к. б. в. — коэффициент бегущей волны.
к. п. д. — коэффициент полезного действия.
к. н. и. — коэффициент нелинейных искажений.
к. н. д. — коэффициент направленного действия антенны.
МВ — метровые волны.
НЧ — низкая частота; низкочастотный.
ОБ — общая база.
ОК — общий коллектор.
ОС — обратная связь.
ОСЧ — обратная связь по частоте.
ОЭ — общий эмиттер.
ПЧ — промежуточная частота.
ПЧЗ — промежуточная частота звукового сопровождения.
ПЧИ — промежуточная частота изображения.
РВ — радиовещание; радиовещательный.
СВ — средние волны, средневолновый.
СВЧ — сверхвысокая частота; сверхвысокочастотный.
СДВ — сверхдлинные волны.
СМВ — сантиметровые волны.
ТКЕ — температурный коэффициент емкости.
ТКН — температурный коэффициент напряжения.
ТКС — температурный коэффициент сопротивления.
ТУ — технические условия.
УВС — усилитель видеосигналов.
УВЧ — усилитель высокой частоты; усиление высокой частоты.
УКВ — ультракороткие волны; ультракоротковолновый.
УНЧ — усилитель низкой частоты; усиление низкой частоты.
УПТ — усилитель постоянного тока.
УПЧ — усилитель промежуточной частоты, усиление промежуточной частоты.
УПЧИ — усилитель промежуточной частоты изображения.
УПЧЗ — усилитель промежуточной частоты звукового сопротивления.
ФОС, ФСС — фильтр основной (сосредоточенной) селекции.
ФПЧ — фильтр промежуточной частоты.
ЧМ — частотная модуляция; частотно-модулированный.
э. д. с. — электродвижущая сила.
ЭПУ — электропроигрывающее устройство.
I — первичная обмотка трансформатора.
II, III, IV — вторичные обмотки трансформатора.

Обозначения на принципиальных схемах

Графические условные обозначения элементов и блоков радиоэлектронной аппаратуры приведены в табл. 1. Большинство их соответствуют ГОСТ 2.721-68 — ГОСТ 2.751-68 (Единая система конструкторской документации СССР — ЕСКД).

Таблица 1

Условные обозначения в схемах

Виды токов, сигналов и импульсов

Постоянный ток	
Положительная полярность	+
Отрицательная полярность	–
Переменный ток, общее обозначение; ток частотой 50 Гц	
Ток (сигнал) низкой (звуковой) частоты	
Ток (сигнал) высокой частоты	
Сигнал переменной частоты (например, высокой)	
Сигнал, состоящий из несущей частоты с двумя боковыми полосами	
Сигнал, состоящий из несущей частоты и верхней боковой полосы	
Сигнал, состоящий из несущей частоты и нижней боковой полосы	
Сигнал, состоящий из одной боковой полосы (несущая частота подавлена)	
Прямоугольный импульс положительной полярности	
Прямоугольный импульс отрицательной полярности	
Остроугольный импульс положительной полярности	
Остроугольный импульс отрицательной полярности	
Пилообразный импульс положительной полярности	
Трапецеидальный импульс положительной полярности	

Химические источники тока

Элемент гальванический или аккумуляторный	+ –
Батарея гальванических или аккумуляторных элементов	+ –

Провода, кабели, экраны

Провод электрический	
Ответвление от провода, соединение проводов	
Провода пересекаются без электрического контакта	
Коаксиальный кабель	
Экран	
Экранированный провод	
Экран, охватывающий элемент схемы или группу элементов	
Соединение с корпусом аппарата, прибора	
Заземление	
Стрелка на проводе указывает направление, по которому сигнал поступает в схему (например, слева на вход)	
Стрелка на проводе указывает направление, по которому сигнал уходит за пределы схемы (например, с выхода направо)	
Число около крестика на проводе указывает величину тока в данном его сечении (например, 50 мА)	50 мА

Антенны

Общее обозначение антенны	
Штыревая антенна	
Противовес	
Симметричный вибратор	
Петлевой вибратор Пистолькорса	

Продолжение табл. 1

Рамочная антенна

Магнитная (ферритовая) антенна

Зажимы, гнезда, штепсельные соединители (разъемы)

Зажим

Штепсель

Гнездо штепсельное, общее обозначение

Штепсельная часть коаксиального разъема

Гнездовая часть коаксиального разъема

Гнездо для включения антенны, телефона, звукоснимателя, заземления

Контрольное гнездо

Гнездо штепсельное телефонное, двухпроводное

Штепсель телефонный, двухпроводный

Вилка штепсельного низкочастотного стандартного соединителя — разъема (вид со стороны штырьков)

2 4 5 1 3

Розетка (гнездовая часть) низкочастотного стандартного соединителя (вид со стороны монтажа)

2 4 5 1 3

Вилка октального штепсельного соединителя с ключом (вид со стороны штырьков)

4 5 3 6 2 7 1 8

Розетка (гнездовая часть) октального штепсельного соединителя (вид со стороны монтажа)

4 5 3 6 2 7 1 8

Выключатели, переключатели, предохранители, разрядники

Выключатель однополюсный (контакт выключателя) замыкающий — или

Переключатель однополюсный на два направления

Переключатель типа «тумблер»; контакты переключающие

Выключатель однополюсный (контакт выключателя), размыкающий — или

Переключатель однополюсный на два направления с нейтральным положением

Переключатель типа «тумблер» (контакт переключающий) с нейтральным положением

Переключатель однополюсный или секция многополюсного переключателя на n положений (например, $n = 4$)

Выключатель трехполюсный

Перемычка размыкающая

Перемычка переключающая

Кнопка с самовозвратом, замыкающая

Кнопка с самовозвратом, размыкающая,

Кнопка с самовозвратом, замыкающая одну цепь и размыкающая другую

Продолжение табл. 1

Секция галетного переключателя, коммутирующая одну цепь на 11 направлений

Секция галетного переключателя, коммутирующая три цепи, каждую на три направления

1

2

3

Переключатель клавишный или кнопочный, например, трехклавишный, клавиша *3* нажата (контакты, относящиеся к различным клавишам, могут быть разнесены по схеме).

Плавкий предохранитель

Искровой разрядник

Реле электромагнитные и контакторы

Обмотка реле, контактора, общее обозначение

Обмотка реле, контактора переменного тока

Обмотка поляризованного реле

Обмотка теплового реле

Обмотки двухобмоточного реле

Контакт реле замыкающий (нормально разомкнутый) — *или*

Контакт реле размыкающий (нормально замкнутый) — *или*

Контакт реле переключающий

Электромагниты и магниты

Обмотка электромагнита

Магнит постоянный

Резисторы постоянные

Общее обозначение

С отводами

Непроволочный, с номинальной мощностью рассеяния 0,05 Вт

То же 0,125 Вт

То же 0,25 Вт

То же 0,5 Вт

То же 1 Вт

То же 2 Вт

То же 5 Вт

То же 10 Вт

Проволочный резистор

Варистор — U

Терморезистор прямого нагрева — t°

Фоторезистор

Резисторы переменные и подстроечные

Переменный резистор, реостат, общее обозначение

Переменный резистор, используемый в качестве потенциометра

То же с отводами

Продолжение табл. 1

Подстроечный реостат

Подстроечный потенциометр

Дополнительные значки у обозначений переменных и подстроечных резисторов

Регулирование ручкой, выведенной наружу

Регулирование инструментом, ось выведена наружу устройства

Регулирование инструментом, элемент регулирования внутри устройства

Ступенчатое регулирование

Регулирование громкости, усиления

Регулирование тембра в области верхних частот

Регулирование тембра в области нижних частот

Регулирование баланса в стереофонических системах

Катушки индуктивности и дроссели

Без сердечника

То же с отводами

С ферромагнитным сердечником, в том числе с ферритовым

С ферромагнитным сердечником, имеющим немагнитный зазор

Катушка с ферритовым сердечником-подстроечником

Катушка с магнитодиэлектрическим сердечником-подстроечником

Катушка с немагнитным сердечником-подстроечником (например, латунным)

Вариометр

Автотрансформаторы

С ферромагнитным сердечником

С ферромагнитным сердечником и дополнительной третьей обмоткой

Трансформаторы

Без сердечника, связь между обмотками постоянная (точка указывает начало обмотки)

То же с отводами в обмотках

Без сердечника, связь между обмотками переменная

Двухобмоточный с ферромагнитным сердечником, в том числе с ферритовым

Трехобмоточный с отводом в обмотке *II*

С ферромагнитным сердечником и с экраном между обмотками, соединенным с корпусом

С ферритовым сердечником-подстроечником, общим для обеих обмоток

Продолжение табл. 1

С магнитодиэлектрическим сердечником-подстроечником, общим для двух обмоток

С немагнитными сердечниками-подстроечниками, раздельными для обмоток

С ферритовыми сердечниками-подстроечниками, отдельными для каждой обмотки

С магнитодиэлектрическими сердечниками-подстроечниками, раздельными для каждой обмотки

Конденсаторы

Постоянной емкости, общее обозначение

Электролитический

Блок из двух электролитических конденсаторов

Проходной

Переменной емкости, общее обозначение

То же, точка обозначает ротор

Переменной емкости, дифференциальный

Блок из двух конденсаторов переменной емкости

Подстроечный, общее обозначение

Подстроечный, регулирование инструментом, ось выведена наружу

Подстроечный, регулирование инструментом, ось внутри аппаратуры

Полупроводниковые диоды

Общее обозначение

Туннельный

Обращенный

Опорный (стабилитрон)

Варикап

Динистор (диод четырехслойной структуры)

Фотодиод

Светодиод

Четырехплечий выпрямитель из полупроводниковых диодов (схема Греца)

Транзисторы и тиристоры

Транзистор структуры *p-n-p*

То же, база изолирована от корпуса

Транзистор структуры *n-p-n*

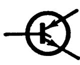
Транзистор полевой с *n*-каналом

Транзистор полевой с *p*-каналом

Транзистор полевой с изолированным затвором

Продолжение табл. 1

Тиристор структуры *p-n-p-n*

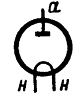


Тиристор структуры *n-p-n-p*

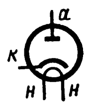


Электровакуумные приборы

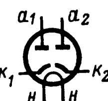
Диод, кенотрон прямого накала:
а — анод; *н* — нить накала



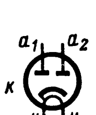
Диод, кенотрон косвенного накала подогревный:
к — катод; *н* — подогреватель



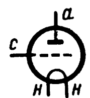
Диод двойной косвенного накала:
$а_1$, $а_2$ — аноды;
$к_1$, $к_2$ — катоды



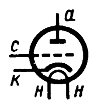
Двуханодный кенотрон косвенного накала



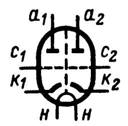
Триод прямого накала:
а — анод; *с* — сетка;
н — нить накала



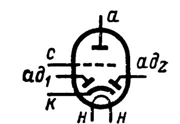
Триод косвенного накала, подогревный:
к — катод; *н* — подогреватель



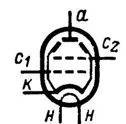
Триод двойной косвенного накала с экраном между триодами:
$а_1$, $а_2$ — аноды; $с_1$, $с_2$ — сетки



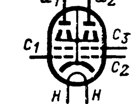
Диод двойной — триод косвенного накала:
а — анод триода;
$а_{д1}$, $а_{д2}$ — аноды диодов



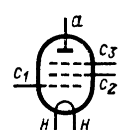
Тетрод лучевой косвенного накала.
а — анод; $с_1$ — управляющая сетка; $с_2$ — экранирующая сетка



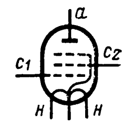
Двойной лучевой тетрод косвенного накала (генераторный)



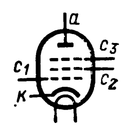
Пентод прямого накала:
а — анод; $с_1$ — управляющая сетка; $с_2$ — экранирующая сетка; $с_3$ — защитная сетка

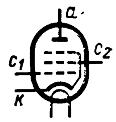


Пентод прямого накала с двумя нитями

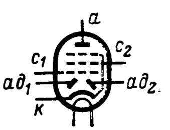


Пентоды косвенного накала (подогревные)

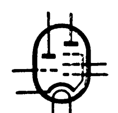




Диод двойной — пентод косвенного накала

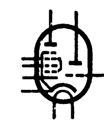


Триод-пентод косвенного накала

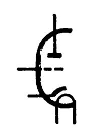


Продолжение табл. 1

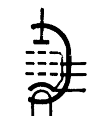
Триод-гептод косвенного накала



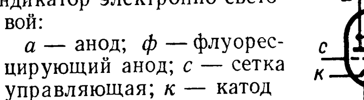
Один триод триода двойного, триодная часть триод-пентода или триод-гептода или диода двойного — триода



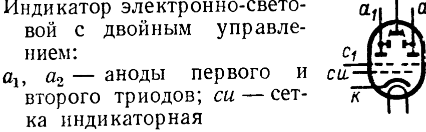
Пентодная часть триод-пентода



Индикатор электронно-световой:
а — анод; *ф* — флуоресцирующий анод; *с* — сетка управляющая; *к* — катод



Индикатор электронно-световой с двойным управлением:
a_1, a_2 — аноды первого и второго триодов; *си* — сетка индикаторная



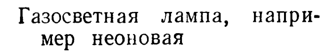
Лампы накаливания

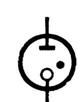




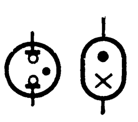
Ионные и газонаполненные приборы

Газосветная лампа, например неоновая

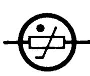




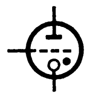
Стабилитрон (стабилизатор напряжения)



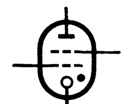
Бареттер (стабилизатор тока)



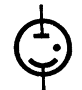
Тиратрон с холодным катодом, триодный



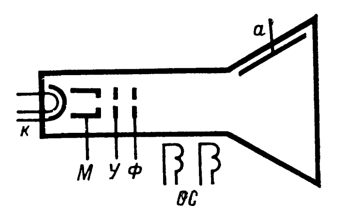
Тиратрон с холодным катодом, тетродный



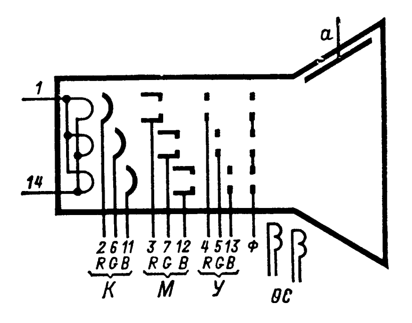
Фотоэлемент ионный



Кинескопы



Кинескоп для черно-белого телевизора с электростатической фокусировкой и электромагнитным отклонением луча:
к — катод; *м* — модулятор (управляющий электрод); *ф* — фокусирующий электрод; *у* — ускоряющий электрод; *а* — основной анод (аквадаг)



Кинескоп для цветного телевизора с электростатической фокусировкой и электромагнитным отклонением луча

Продолжение табл. 1

Электроакустические приборы

Громкоговоритель

Телефон, общее обозначение

Телефон головной

Микрофон, общее обозначение

Микрофон электродинамический

Зуммер

Звонок электрический

Сирена электрическая

Звукосниматели граммофонные

Монофонический пьезоэлектрический

Монофонический электромагнитный

Стереофонический пьезоэлектрический

Стереофонический электромагнитный

Магнитные головки

Записывающая монофоническая

Воспроизводящая монофоническая

Универсальная монофоническая

Универсальная стереофоническая

Стирающая

Электродвигатели переменного тока однофазные

С немагнитным или ферромагнитным ротором без обмотки

С ротором, имеющим прорези по окружности, без обмотки

С ротором, имеющим короткозамкнутую обмотку

Коллекторный, последовательного возбуждения

Синхронный, с пусковой обмоткой

Электродвигатели постоянного тока, коллекторные

С возбуждением постоянным магнитом

Последовательного возбуждения

Продолжение табл. 1

Параллельного возбуждения

Параллельного возбуждения с центробежным вибрационным регулятором

Элементы структурных и функциональных схем

Генератор электрических колебаний, например низкой частоты

Генератор колебаний переменной частоты [1], например высокой (гетеродин)

Преобразователь частоты [2]

Умножитель частоты [2]

Делитель частоты [2]

Усилитель [3]

То же с регулируемым усилением [3]

Ограничитель амплитуды сигнала по максимуму

Фазовращатель

Выпрямитель [2]

Фильтр нижних частот

Фильтр верхних частот

Фильтр полосовой

Фильтр режекторный («фильтр-пробка»)

Линия задержки

Амплитудный детектор

Детектор отношений (детектор ЧМ сигналов)

Модулятор, например с АМ сигналом на выходе

Магнитофон

[1] Задающий генератор обозначается буквами *ЗГ*.
[2] Стрелка указывает направление преобразования.
[3] Направление передачи указывает вершина треугольника на горизонтальной линии связи.

Около графических обозначений конденсаторов и резисторов указываются номинальные значения их емкостей и сопротивлений согласно ГОСТ 2.702-69 (ЕСКД СССР).

1. Число, стоящее около графического обозначения резистора, указывает его номинальное сопротивление. Если после числа нет единицы измерения — сопротивление выражено в омах. Если после числа стоит буква к или М — сопротивление выражено в килоомах или в мегомах соответственно.

Примеры:

4,7 — следует читать: 4,7 Ом.
150 — следует читать: 150 Ом.
150к — следует читать: 150 кОм.
4,7М — следует читать: 4,7 МОм.

2. Число около графического обозначения конденсатора указывает его номинальную емкость. Если после числа с дробью стоит «пФ» или единица измерения после целого числа не указана, — емкость конденсатора выражена в пикофарадах.

Когда около обозначения конденсатора стоит число в виде десятичной дроби или в виде целого числа, после которого запятая и нуль (единица измерения не указана) — емкость конденсатора выражена в микрофарадах.

Примеры: 3,3 пФ — следует читать: 3,3 пФ.
33 — следует читать: 33 пФ.
3,3 — следует читать: 3,3 мкФ.
0,1 — следует читать: 0,1 мкФ.

После обозначения величины емкости электролитического конденсатора указывают его номинальное напряжение в вольтах.

3. Когда около конденсатора переменной емкости или конденсатора подстроечника стоит одно число, — это его конечная (максимальная) емкость; если же около его обозначения стоят два числа, разделенные знаком тире, первое из них указывает начальную (минимальную), а второе конечную емкость в пикофарадах.

4. Емкость конденсатора или сопротивление резистора, около которого стоит звездочка, является ориентировочной и должна быть подобрана при налаживании аппаратуры.

5. Число в рамке около резонансного контура указывает частоту в мегагерцах, на которую он настроен.

6. Необходимость применения детали, указанной на схеме штриховой линией, устанавливается при налаживании аппаратуры.

7. Напряжение, указанное около электрода лампы, транзистора (или какого-либо проводника) — это напряжение между данной точкой и корпусом аппарата (шасси, землей).

8. Когда на схеме указана только точка подключения одного из полюсов источника питания, подразумевается, что его второй полюс присоединен к корпусу (шасси) радиоприбора, аппарата.

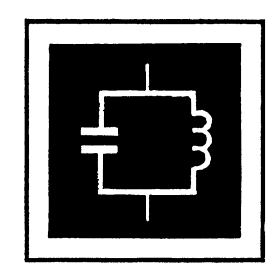
9. На принципиальных схемах устройств с подогревными электронными лампами цепи накала последних могут быть не показаны; при этом в необходимых случаях концы обмоток накала трансформаторов питания и выводы от нитей накала ламп, к которым они присоединяются, обозначают одинаковыми буквами. Иногда на схемах не показывают и подогреватели ламп косвенного накала.

10. Цифры около выводов электронных ламп на принципиальных схемах указывают порядковые номера штырьков, к которым эти электроды выведены (см. рис. 10-1).

11. Штриховые линии между деталями на принципиальных схемах указывают, что эти детали механически связаны между собой (например, штриховая линия, соединяющая обозначение потенциометра регулирования громкости и выключатель, указывает, что они управляются общей ручкой).

12. На конструктивных чертежах размеры указываются в миллиметрах без добавления этой единицы измерения. Если размер выражен в других единицах, то она указывается после числа.

13. Если в тексте или в таблице указан размер в виде произведения (например, 10 × 12 × 30 мм), — первое число выражает длину, второе — ширину и третье — высоту или толщину (исключение — для громкоговорителей эллиптической формы — см. примечание к табл. 4-11). Для цилиндрических деталей первое число со знаком ⌀ указывает диаметр, а второе — длину или высоту.



КОЛЕБАТЕЛЬНЫЕ КОНТУРЫ

РАЗДЕЛ 1

СОДЕРЖАНИЕ

1-1. КОЛЕБАТЕЛЬНЫЕ КОНТУРЫ С СОСРЕДОТОЧЕННЫМИ ПОСТОЯННЫМИ

Основные параметры контуров

При конструировании радиоприемников, телевизоров, передатчиков, измерительных генераторов и другой радиоэлектронной аппаратуры необходимо вычислять величины индуктивностей и емкостей резонансных контуров, при которых обеспечивается их настройка на заданные частоты, а также определять частоты настройки контуров при известных значениях L и C. Помощь в этом может оказать табл. 1-1.

Так, например, если имеется катушка с индуктивностью L [мкГ], то, разделив на L найденное по таблице произведение LC, легко определить емкость C [пФ], при которой контур будет настроен на заданную длину волны λ (частоту f). Аналогичный расчет можно произвести по известному значению емкости контура.

Если нужно рассчитать УКВ контур ($\lambda = 1 \div 10$ м), то таблицей 1-1 следует пользоваться в следующем порядке: численное значение заданной длины волны надо умножить на 10 (или разделить на 10 заданную частоту), найти полученное число в графе λ (или f) и соответствующее ему произведение LC уменьшить в 100 раз. Для определения длины волны, на которую настроен УКВ контур, по известному значению LC это произведение следует увеличить в 100 раз, найти соответствующую ему величину в графе λ и разделить ее на 10.

Когда же нужно рассчитать контур на СВ или ДВ, в графе λ надо выбрать число соответственно в 10 или 100 раз меньшее заданного (или в графе f число в 10 или 100 раз больше заданного значения частоты) и увеличить произведение LC в 100 раз при СВ или в 10 000 раз при ДВ.

По известной ширине полосы пропускания контура $2\Delta f$ (интервал между частотами, при которых амплитуда сигнала с частотой, на которую настроен контур, снижается до величины $1/\sqrt{2} \approx 0,7$ от амплитуды на резонансной частоте) и его резонансной частоте $f_{рез}$ можно вычислить добротность контура Q по следующей формуле

$$Q = \frac{f_{рез}}{2\Delta f}. \qquad (1\text{-}1)$$

Эквивалентное резонансное сопротивление колебательного контура с параллельным включением индуктивности и емкости

$$\left.\begin{aligned} R_{oe} &= 6,28 f_{рез} LQ; \\ R_{oe} &= \frac{159 \cdot 10^3 Q}{f_{рез} C} \end{aligned}\right\} \qquad (1\text{-}2)$$

и контура с последовательным включением индуктивности и емкости:

$$\left.\begin{aligned} r_{oe} &= \frac{6,28 f_{рез} L}{Q}; \\ r_{oe} &= \frac{159 \cdot 10^3}{f_{рез} CQ}, \end{aligned}\right\} \qquad (1\text{-}3)$$

где R_{oe} и r_{oe}, кОм; $f_{рез}$, кГц; L, мкГ; C, пФ.

Поскольку потери в конденсаторе колебательного контура значительно меньше, чем в катушке, можно считать, что собственная добротность одиночного контура равна добротности примененной в нем катушки (см. § 1-2). Колебательные контуры аппаратуры в большинстве случаев связаны с другими контурами (например, с антенным контуром) и включены в какие-либо цепи электронных ламп или полупроводниковых приборов непосредственно. Поскольку упомянутые контуры и приборы вносят в колебательный контур дополнительные потери (затухание), эффективная добротность $Q_э$ оказывается меньше собственной добротности

Таблица 1-1

К расчету резонансного контура

λ, м	f, МГц	LC, мкГ·пФ	λ, м	f, МГц	LC, мкГ·пФ	λ, м	f, МГц	LC, мкГ·пФ
10,0	30,00	28,2	21,0	14,30	124,0	48,0	6,25	649
10,1	29,70	28,7	21,5	14,00	130,0	48,5	6,19	662
10,2	29,39	29,2	22,0	13,60	136,0	49,0	6,12	676
10,4	28,83	30,5	22,5	13,30	143,0	49,5	6,06	690
10,6	28,28	31,7	23,0	13,00	145,0	50,0	6,00	704
10,7	28,00	32,3	23,5	12,80	156,0	51,0	5,88	733
10,8	27,76	32,9	24,0	12,50	162,0	52,0	5,77	762
11,0	27,36	34,1	24,5	12,20	169,0	53,0	5,66	791
11,2	26,77	35,3	25,0	12,00	176,0	54,0	5,56	821
11,4	26,30	36,5	25,5	11,80	183,0	55,0	5,45	851
11,6	25,85	37,9	26,0	11,50	191,0	56,0	5,36	883
11,8	25,41	39,2	26,5	11,30	198	57,0	5,27	915
12,0	25,00	40,5	27,0	11,10	205	58,0	5,17	947
12,2	24,50	41,9	27,5	10,90	213	59,0	5,09	980
12,4	24,18	43,2	28,0	10,70	221	60,0	5,00	1 010
12,6	23,80	44,7	28,5	10,50	229	61,0	4,92	1 050
12,8	23,42	46,1	29,0	10,40	237	62,0	4,84	1 080
13,0	23,06	47,6	29,5	10,20	245	63,0	4,76	1 120
13,2	22,71	49,0	30,0	10,00	253	64,0	4,69	1 150
13,4	22,37	50,6	30,5	9,84	262	64,5	4,65	1 170
13,6	22,04	52,0	31,0	9,68	270	65,0	4,62	1 190
13,8	21,73	53,6	31,5	9,53	280	66,0	4,55	1 230
14,0	21,42	55,2	32,0	9,38	288	67,0	4,48	1 260
14,2	21,11	56,7	32,5	9,23	297	68,0	4,41	1 300
14,3	21,00	57,5	33,0	9,09	307	69,0	4,35	1 340
14,4	20,82	58,3	33,5	8,96	316	70,0	4,29	1 380
14,6	20,54	60,0	34,0	8,83	326	71,0	4,23	1 420
14,8	20,26	61,6	34,5	8,70	335	72,0	4,17	1 460
15,0	20,00	63,4	35,0	8,57	345	73,0	4,11	1 500
15,2	19,72	65,1	35,5	8,45	355	74,0	4,06	1 540
15,4	19,47	66,6	36,0	8,33	365	75,0	4,00	1 580
15,6	19,22	68,4	36,5	8,22	375	76,0	3,95	1 630
15,8	18,98	70,2	37,0	8,11	385	77,0	3,90	1 670
16,0	18,74	72,1	37,5	8,00	396	78,0	3,85	1 710
16,2	18,51	73,7	38,0	7,90	407	79,0	3,80	1 760
16,4	18,28	75,6	38,5	7,79	417	80,0	3,75	1 800
16,6	18,06	77,5	39,0	7,69	428	81,0	3,71	1 850
16,8	17,85	79,1	39,5	7,60	439	82,0	3,66	1 890
17,0	17,64	81,4	40,0	7,50	450	83,0	3,61	1 940
17,2	17,43	83,2	40,5	7,41	462	84,0	3,57	1 990
17,4	17,23	85,2	41,0	7,32	473	85,0	3,53	2 030
17,6	17,04	87,0	41,5	7,23	485	86,0	3,49	2 080
17,8	16,84	89,1	42,0	7,15	497	87,0	3,45	2 130
18,0	16,66	91,2	42,5	7,06	509	88,0	3,41	2 180
18,2	16,47	93,2	42,8	7,00	517	89,0	3,37	2 230
18,4	16,29	95,4	43,0	6,97	521	90,0	3,33	2 280
18,6	16,12	97,4	44,0	6,82	545	91,0	3,30	2 330
18,8	15,95	99,4	44,5	6,74	558	92,0	3,26	2 380
19,0	15,78	102,0	45,0	6,67	570	93,0	3,23	2 430
19,2	15,62	103,7	45,5	6,59	583	94,0	3,19	2 490
19,4	15,45	106,6	46,0	6,53	596	95,0	3,16	2 540
19,6	15,30	108,0	46,1	6,50	600	96,0	3,13	2 590
19,8	15,14	110,0	46,5	6,45	609	97,0	3,09	2 650
20,0	15,00	112,0	47,0	6,39	629	98,0	3,06	2 700
20,5	14,60	118,0	47,5	6,32	635	99,0	3,03	2 760
						100,0	3,00	2 820
× 10	: 10	× 100	× 10	: 10	× 100	× 10	: 10	× 100
× 100	: 100	× 10 000	× 100	: 100	× 10 000	× 100	: 100	× 10 000
: 10	× 10	: 100	: 10	× 10	: 100	: 10	× 10	: 100
: 100	× 100	: 10 000	: 100	× 100	: 10 000	: 100	× 100	: 10 000

контура. Вследствие этого полоса его пропускания расширяется, эквивалентное сопротивление параллельного контура уменьшается, а эквивалентное сопротивление последовательного контура увеличивается. В этих случаях упомянутые параметры также можно вычислить по формулам (1-2)—(1-3) при подстановке в них соответствующего эффективного значения добротности $Q_э$.

Расчет катушек индуктивности

Во всех формулах и на всех графиках этого параграфа размеры катушек и диаметры проводов выражены в миллиметрах, а индуктивности и взаимные индуктивности — в микрогенри.

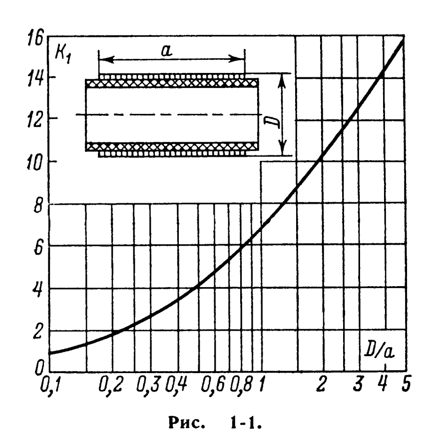


Рис. 1-1.

Индуктивность однослойной цилиндрической катушки без сердечника, содержащей w витков диаметром D, вычисляется по формуле

$$L=w^2Dk_1\cdot 10^{-4}. \qquad (1\text{-}4)$$

Коэффициент k_1 находят с помощью графика на рис. 1-1 по диаметру катушки D и длине намотки a.

Заданная индуктивность L получается при числе витков

$$w=100\sqrt{\frac{L}{Dk_1}}. \qquad (1\text{-}5)$$

Чтобы полученное расчетом число витков при плотной намотке заняло заданную длину a, катушку нужно намотать проводом, имеющим диаметр в изоляции

$$d_{из}=a/w. \qquad (1\text{-}6)$$

Формулами (1-4)—(1-6) можно пользоваться также для расчета дросселей без сердечников, например, наматываемых на каркасах непроволочных высокоомных резисторов.

Однослойная цилиндрическая катушка, намотанная с шагом p, обладает индуктивностью

$$L=(w^2Dk_1+wDk_2)\cdot 10^{-4}. \qquad (1\text{-}7)$$

Коэффициент k_1 для подстановки в эту формулу находят по графику на рис. 1-1, а коэффициент k_2 — по графику на рис. 1-2.

Индуктивность одиночного витка из провода прямоугольного сечения можно определить по формуле (1-7), подставляя в нее $w=1$ и принимая за a и b размеры этого провода в поперечном сечении.

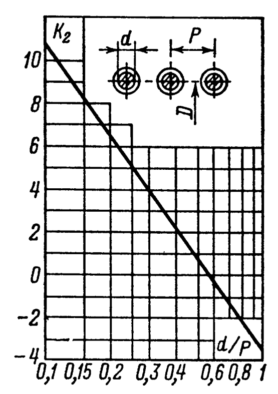


Рис. 1-2.

Рисунок 1-3 показывает зависимость индуктивности L одиночного витка диаметром D из провода круглого сечения диаметром d.

Индуктивность многослойных катушек. Катушки выполняют многослойными, когда нужно иметь $L>100$ мкГ (контуры диапазонов СВ и ДВ, контуры ПЧ при $f=465$ кГц). Индуктивность многослойной катушки с обмоткой прямоугольного сечения

$$L=w^2D_{ср}k_3. \qquad (1\text{-}8)$$

В эту формулу подставляют средний диаметр обмотки $D_{ср}$, а коэффициент k_3

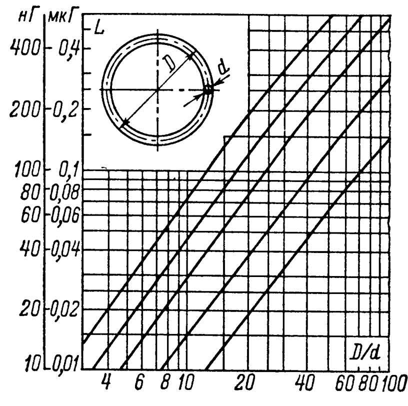


Рис. 1-3.

находят с помощью графика на рис. 1-4 по отношениям $a/D_{ср}$ и $b/D_{ср}$, где a и b — длина и радиальная толщина обмотки.

Число витков катушки, необходимое для получения заданной индуктивности L при $a\approx b$ и $D_{ср}\approx 3l$, можно приближенно определить по формуле

$$w\approx 20\sqrt{\frac{L}{a}}. \qquad (1\text{-}9)$$

Катушки с ферритовыми и карбонильными сердечниками. Катушка с сердечником из феррита или магнитодиэлектрика при тех же

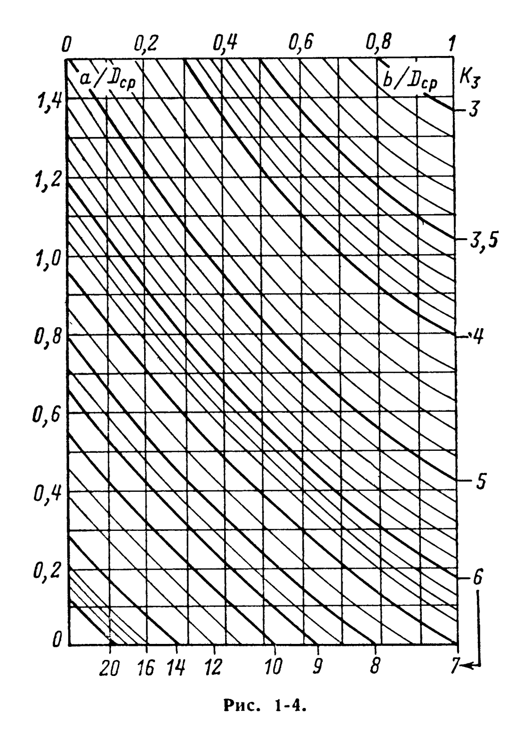


Рис. 1-4.

размерах и том же числе витков имеет большую индуктивность; наоборот, требуемую индуктивность можно получить при меньшем числе витков. Перемещая сердечник относительно витков катушки, можно в широких пределах изменять ее индуктивность и под-

ников из феррита 100НН или сердечников СЦГ, СЦШ, СЦР из карбонильного железа.

Для получения возможно лучшей добротности и возможно большего предела перестройки индуктивности внешний диаметр каркаса катушки не должен превышать диаметр ферритового сердечника более чем в 2—2,5 раза, а карбонильного — в 1,2 раза. Длина намотки катушки должна составлять примерно 0,9 длины сердечника.

Расчет числа витков катушки производят по формуле (1-5) или (1-9), подставляя в нее величину индуктивности в 1,3—1,5 раза меньше заданной. Требуемая индуктивность получится при введении сердечника.

Если катушку предполагается намотать на унифицированном каркасе заводского изготовления с сердечником, то требуемое число витков можно определить по графикам на рис. 1-5 или по формуле

$$w = k_4 \sqrt{L}. \qquad (1\text{-}10)$$

Коэффициент k_4 берем из табл. 1-2.

Графики на рис. 1-5 служат для расчета индуктивностей катушек, намотанных на цилиндрических каркасах с сердечниками-подстроечниками диаметром 2,8 и длиной 12 мм (*а* — для сердечника из феррита 100НН; *б* — для сердечника из феррита 600НН), четырехсекционный каркас, ⌀ 3,2 мм.

Графики на рис. 1-6 могут быть использованы для расчета катушек в броневых сердечниках диаметром 8 мм из феррита 600НН с подстроечником диаметром 2,8 и длиной 12 мм из того же материала.

Расчет катушки в замкнутом броневом сердечнике

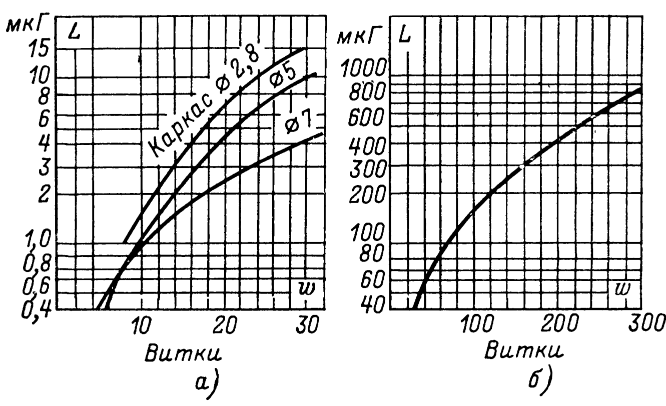


Рис. 1-5.

гонять индуктивность точно под заданное значение. Вместе с тем введение сердечника увеличивает добротность катушки.

В цилиндрических катушках колебательных контуров, работающих на частотах ниже 3 МГц (контуры диапазонов ДВ и СВ), целесообразно применение сердечников из феррита 600НН диаметром 2,8 мм, а на частотах 3—30 МГц (контуры диапазона КВ, контуры ПЧ при $f = 6{,}5$; 6,8 и 10,7 МГц) — сердеч-

также можно произвести по формуле (1-10) с использованием коэффициентов из табл. 1-2.

Расчет тороидальной катушки. Число витков катушки с кольцевым сердечником, при котором получается индуктивность L заданной величины, можно определить по формуле

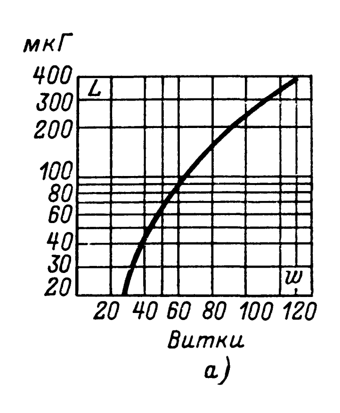
$$w = 50\sqrt{\frac{L(D+D_1)}{\mu h(D-D_1)}}, \qquad (1\text{-}11)$$

где D, D_1, h — внешний диаметр, внутренний диаметр и высота кольца, мм.

При слабом переменном магнитном поле и в отсутствие постоянного подмагничивания величину магнитной проницаемости μ можно принимать равной числу, входящему в марку феррита (например, для феррита 600НН $\mu = 600$).

Витки должны быть равномерно расположены по всей длине кольца.

Если неизвестна магнитная проницаемость феррита, из которого изготовлен имеющийся кольцевой сердечник, то ее можно определить следующим образом. Наматывают равномерно, по всей длине кольца, пробную катушку, содержащую $w_{пр}$ витков, измеряют ее индуктивность и вычисляют магнитную проницаемость сердечника по формуле



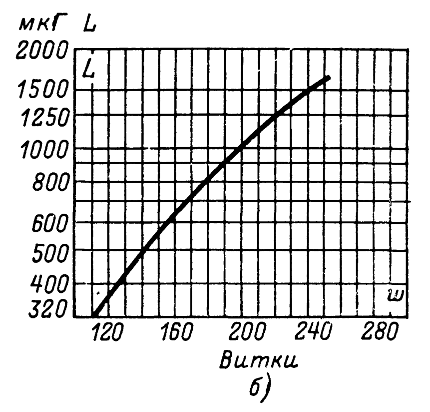


Рис. 1-6.

$$\mu = \frac{2{,}5 \cdot 10^3 L_{пр}^2 (D + D_1)^2}{w_{пр}^2 h^2 (D - D_1)^2}, \qquad (1\text{-}12)$$

где $L_{пр}$ — измеренная индуктивность пробной катушки.

Таблица 1-2

Коэффициенты к формуле (1-10)

Конструкция катушки	k_4
Однослойная на унифицированном каркасе ⌀ 6,5 мм с подстроечником ⌀2,8 мм из феррита марки 100НН, намотка виток к витку проводом ПЭЛШО или ПЭЛ 0,15—0,27 ($L \leqslant 5$ мкГ)	13,5
То же намотка проводом ПЭЛШО 0,1—0,12 ($L = 5 \div 15$ мкГ)	10,0
Многослойная на унифицированном трехсекционном каркасе с подстроечником диаметром 2,8 мм из феррита марки 600НН	11,0
Многослойная в броневом сердечнике внешним диаметром 8,6 или 11 мм из феррита марки 600НН	6,4
Многослойная в броневом карбонильном сердечнике СБ9а или СБ12а[1]	7,0
То же в броневом карбонильном сердечнике СБ23-11а[1]	4,0
То же в броневом карбонильном сердечнике СБ23-17а, СБ28а или СБ34а[1]	4,5

[1] Первое число в обозначении карбонильного броневого сердечника указывает его внешний диаметр.

Добротность катушки Q с энергетической точки зрения представляет собой отношение реактивной энергии, запасенной в катушке, к мощности потерь при данной частоте.

Для применяемых в радиовещательных приемниках катушек с ферритовыми сердечниками в диапазоне частот $f = 150$ кГц — 10,7 МГц (катушки контуров ДВ, СВ, КВ диапазонов, катушки ФПЧ) типичны значения $Q = 60 \div 180$.

Применение многожильного высокочастотного провода (несколько изолированных эмалью жилок диаметром 0,05—0,1 мм, перевитых между собой) повышает добротность катушек в контурах диапазона СВ и ДВ. Однако применение такого провода в контурных катушках, включенных в цепи транзисторов или сильно связанных с ними, бывает малоцелесообразным, поскольку полупроводниковые приборы вносят в контуры значительные потери.

Теоретический расчет добротности катушек представляет для радиолюбителей значительную трудность. Точные значения добротности могут быть получены измерением.

Собственная емкость C_L однослойной цилиндрической неэкранированной катушки, намотанной на каркасе диаметром D [мм] из полиэтилена, полистирола, органического стекла, картона, пропитанного шеллачным или полистирольным лаком, может быть определена по формуле

$$C_L = k_5 D. \qquad (1\text{-}13)$$

При плотной намотке катушки (виток к витку) коэффициент $k_5 = 0{,}65$, а при намотке проводом диаметром d с шагом p он имеет следующее значения:

$p/d=$	2	3	4 и более
$k_5=$	0,055	0,048	0,045

Если витки уложить по нарезке, предварительно сделанной на каркасе, то C_L увеличивается на 15—20%. Собственная емкость бескаркасных катушек на 15—20% меньше.

Многослойные катушки имеют емкость порядка десятков пикофарад. Точный теоретический расчет их C_L затруднителен, так как C_L сложно зависит от конфигурации катушки, диаметра и изоляции провода; C_L уменьшается с увеличением толщины намотки и с уменьшением длины намотки (при том же числе витков).

Если катушку сделать секционированной с расстояниями между секциями примерно равными длине секций, то при двух секциях C_L уменьшается в 1,5 раза, при трех — в 1,8 раза и при четырех — в 2 раза. Покрытие катушки (однослойной, многослойной) лаком увеличивает ее емкость на 25—30%. Сердечник или экран могут увеличить C_L в 2—3 раза. Чем ближе экран или сердечник к обмотке, тем больше собственная емкость катушки.

Взаимоиндукция. При расчете контуров аппаратуры часто бывает необходимо определять взаимоиндукцию между катушками, чтобы вычислить коэффициент связи k между ними:

$$k=\frac{M}{\sqrt{L_1L_2}}, \quad (1\text{-}14)$$

где M — взаимоиндукция; L_1, L_2 — индуктивности связанных катушек.

Если витки обеих катушек намотаны с одинаковой плотностью, т. е. соблюдаются соотношения $w_1/a_1 = w_2/a_2$ и $w_1/b_1 = w_2/b_2$ (рис. 1-7, *а* — *в*) и при этом катушки расположены вплотную друг к другу, то их взаимоиндукцию можно определить по формуле

$$M=\frac{L_{12}-L_1-L_2}{2}, \quad (1\text{-}15)$$

где L_{12} — индуктивность катушки, содержащей $w_1 + w_2$ витков в габаритах $a_1 + a_2$ и $b_1 + b_2$ соответственно.

Если же между катушками имеется зазор (рис. 1-7, *г* — *е*), то их взаимоиндукцию можно определить следующим методом. Принимают условно, что зазор заполнен витками с такой же плотностью намотки, как у катушек с индуктивностями L_1 и L_2. Обозначив L_0 индуктивность фиктивной катушки, имеющей длину a_0 и толщину намотки b_0, взаимоиндукцию между L_1 и L_2 можно определить по формуле

$$M=0{,}5\,(L_{102}+L_0-L_{10}-L_{02}), \quad (1\text{-}16)$$

где L_{102}, L_{10}, L_{02} — индуктивности, образуемые соответственно катушками с индуктивностями L_1, L_0 и L_2; L_1 и L_0; L_0 и L_2.

Индуктивности «составных» и «фиктивных» катушек, как и индуктивности L_1 и L_2,

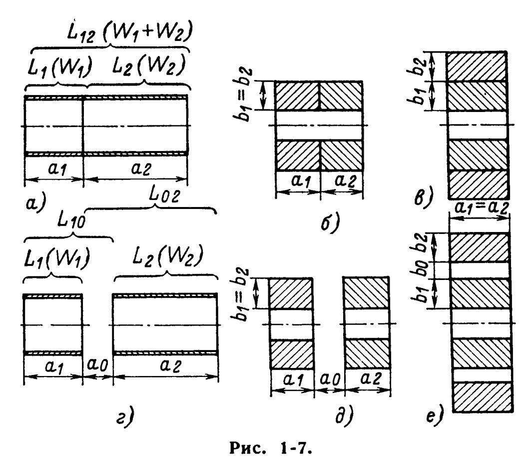


Рис. 1-7.

можно определить по приводимым выше формулам (1-4), (1-7) и (1-8).

Если $w_1/a_1 \neq w_2/a_2$ или $w_1b_1 \neq w_2b_2$, то сначала нужно вычислить взаимоиндукцию, приняв эти отношения равными единице, а затем полученный результат умножить на w_1w_2/a_1a_2 или w_1w_2/b_1b_2 соответственно.

1-2. РЕЗОНАТОРЫ ДЛЯ ДИАПАЗОНОВ ДМВ И СМВ

Конструкции резонаторов

Обычные конструкции колебательных контуров с сосредоточенными постоянными (индуктивности в катушках, емкости в конденсаторах) неприменимы в диапазонах ДМВ и СМВ по следующим причинам. С уменьшением длины волны индуктивности уменьшаются, и уже в диапазоне метровых волн размеры катушек настолько малы, что становится затруднительным их физическое воплощение, а главное — резко уменьшаются добротность и эквивалентное сопротивление контура.

Эти недостатки преодолевают в аппаратуре диапазонов ДМВ и СМВ, используя явление резонанса в системах с отрезками двухпроводных линий. На рис. 1-8, *а* схематически показана конструкция лампового генератора диапазона ДМВ с коаксиальным резонатором на триоде, а на рис. 1-8, *б*, *в* — с резонатором в виде отрезка симметричной линии на триоде и на двойном триоде (*1* — внешний проводник коаксиального резонатора; *2* — его внутренний проводник; *3* — подстроечные конденсаторы; *4* — блокировочный конденсатор; *5* — петля (виток) связи; *6* — коаксиальный кабель; *7* — отрезок симметричной двухпроводной линии).

На рис. 1-9 показаны схематически конструкции входных полосовых контуров при-

емного устройства диапазона ДМВ с применением связи между резонаторами с помощью петли (*а*) и щели в их общей стенке (*б*). На этом рисунке: *1* — внешние проводники (экраны) резонаторов; *2* — их внутренние проводники; *3* — подстроечные конденсаторы; *4* — витки связи; *5* — коаксиальный кабель от антенны; *6* — щель связи; *7* — блок конденсаторов переменной емкости.

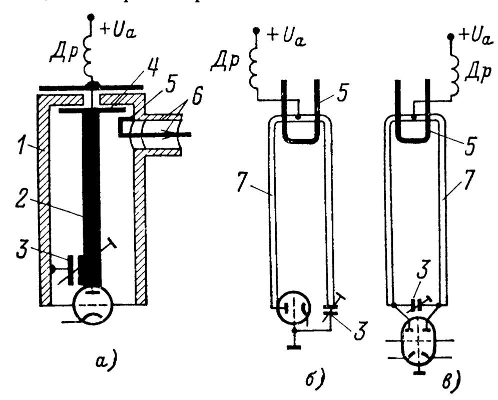


Рис. 1-8.

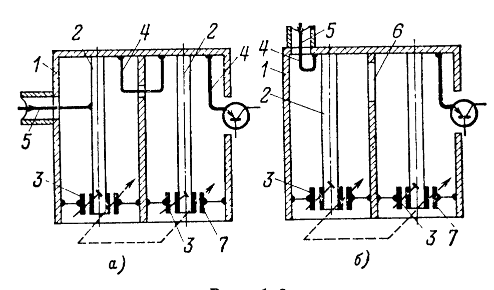


Рис. 1-9.

Короткозамкнутый на одном конце отрезок двухпроводной линии представляет собой со стороны другого, разомкнутого конца индуктивное сопротивление для электрических колебаний, если соответствующая им длина волны находится в определенном соотношении с длиной отрезка. Подключив к разомкнутому концу отрезка сосредоточенную емкость, получим электрическую колебательную систему — резонатор. Условием резонанса, как и в колебательном контуре с сосредоточенными постоянными, является равенством реактивного (емкостного) сопротивления этой

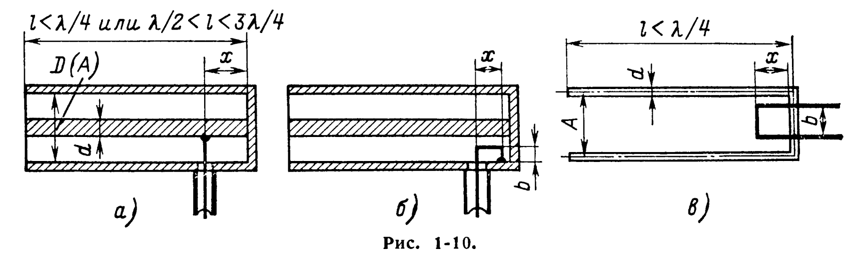


Рис. 1-10.

емкости и реактивного (индуктивного) сопротивления отрезка линии.

Коаксиальный резонатор (рис. 1-10, *а* и *б*). В нем используется отрезок экранированной линии, образованный полым металлическим цилиндром и расположенным по его оси цилиндрическим проводником. Последний может быть трубчатым или сплошным. В диапазоне волн $\lambda > 30$ см применяют отрезки линии длиной $l < \lambda/4$; для волн короче 30 см длина отрезка определяется выражением $\lambda/2 < l < 3\lambda/4$.

Резонаторы такой конструкции применяют в ламповых генераторах диапазонов ДЦВ и СМВ на триодах с дисковыми выводами электродов, включая их по схеме с общей сеткой. Внутренний проводник резонатора, находящийся под положительным потенциалом анода, должен быть изолирован от внешнего заземляемого цилиндра. Внутренний проводник заканчивается фланцем (рис. 1-8, *а*), отделенным от дна внешнего цилиндра тонкой изоляционной прокладкой (например, из слюды); получается конденсатор с весьма малым сопротивлением для токов СВЧ, через который внешний и внутренний проводники резонатора для этих токов практически замкнуты между собой накоротко; в то же время они изолированы друг от друга по постоянному току.

Полосковый резонатор отличается от коаксиального тем, что внутренний и внешний экранирующий проводники имеют прямоугольное сечение. Резонаторы этого типа применяют преимущественно в диапазоне ДЦВ.

В приемной аппаратуре диапазона ДЦВ, в частности, в качестве входных контуров ДЦВ селекторов и конвертеров телевизионных приемников применяют резонаторы в виде отрезков экранированных линий длиной $l < \lambda/4$ с внешними проводниками прямоугольного сечения и внутренними — кругового сечения (рис. 1-9).

Резонатор с открытой (симметричной) линией из двух проводников одинакового сечения (рис. 1-8, *б* и *в*) длиной $l < \lambda/4$ применяют преимущественно в диапазоне волн $\lambda > 60$ см, так как добротность подобных резонаторов при $\lambda < 60$ см получается неудовлетворительной.

Настройка резонаторов. Настраивать резонатор на заданную частоту можно, изменяя длину отрезка линии путем перемещения короткозамыкающей перемычки (поршня в

коаксиальном резонаторе); при этом изменяется индуктивность отрезка линии в точках подключения к ней сосредоточенной емкости.

Входной резонатор приемника ДМВ или СМВ удобнее настраивать малогабаритным конденсатором переменной емкости (рис. 1-9), с помощью которого устанавливают необходимую для получения резонанса емкость.

В ламповом генераторе сосредоточенная емкость образуется в основном междуэлектродной емкостью триода, а для установки частоты в конструкцию резонатора вводят подстроечный конденсатор. Последний может быть включен параллельно с емкостью лампы (рис. 1-8, *а* и *в*) либо последовательно с ней (рис. 1-8, *б*).

Способы связи. Связь резонатора с другими контурами и цепями с целью ввода в него

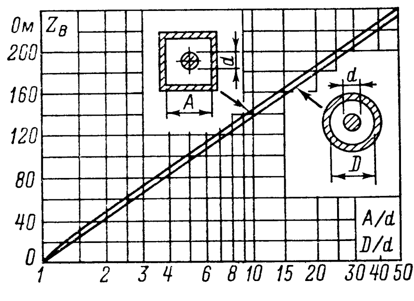


Рис. 1-11.

сигнала или для отбора из него энергии в нагрузку часто осуществляют индуктивным способом — с помощью витка связи (петли связи), расположенного у короткозамкнутого конца резонатора (рис. 1-8).

Связь экранированного (коаксиального, полоскового и т. п.) резонатора с коаксиальным кабелем можно осуществлять кондуктивным способом: внутреннюю жилу кабеля соединяют с внутренним проводником резонатора, а внешний проводник кабеля — с внешним проводником резонатора (рис. 1-9,*а*). В последнем случае связь усиливается при увеличении расстояния между местом подключения кабеля и концом резонатора.

Изменяя величину связи, можно осуществлять согласование резонатора с кабелем или иной нагрузкой и тем самым обеспечивать передачу энергии в резонатор или из резонатора с наименьшими потерями. Следовательно, резонатор может служить трансформатором сопротивления.

В триодном генераторе изменением связи устанавливают эквивалентное сопротивление резонатора, при котором получается наибольшая колебательная мощность.

Экранированные резонаторы прямоугольного сечения можно связать между собой при помощи витка (рис. 1-9, *а*) либо щели в общей стенке (рис. 1-9, *б*), через которую происходит обмен энергии магнитных полей, заключенных внутри резонаторов. Связь усиливается с увеличением размеров щели.

Основные параметры резонаторов

Рабочая длина волны λ или *частота* f (или диапазон волн, частот) задается при расчете резонатора.

Волновое сопротивление $Z_в$ отрезка линии, образующего резонатор, зависит от геометрических размеров линии в ее поперечном сечении; $Z_в$ резонаторов различных конструкций может быть определено по графикам на рис. 1-11—1-14.

Добротность Q, эквивалентное резонансное сопротивление R_{oe} *и полоса пропускания* $2\Delta f$ резонатора, как и одноименные параметры контура с сосредоточенными постоянными, взаимосвязаны.

Поскольку собственные потери в экранированном резонаторе невелики и, следовательно, он обладает высокой добротностью,

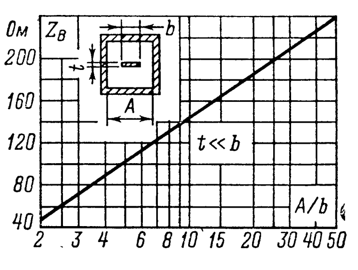


Рис. 1-12.

в большинстве случаев можно считать, что Q, R_{oe}, $2\Delta f$ резонатора определяются потерями, вносимыми в него извне связями с электронной лампой, полупроводниковым прибором, кабелем и т. п.

В практике конструирования ламповых генераторов диапазона ДЦВ и СМВ на триодах распространены отрезки коаксиальных линий с $Z_в = 20 \div 60$ Ом и диаметром среднего проводника $d = 0{,}02 \div 0{,}1\ \lambda$, так как при этих параметрах получается наиболее высокая собственная добротность резонатора.

Снижению потерь и повышению добротности резонатора способствует полировка его поверхностей, по которым текут токи СВЧ, с последующим гальваническим серебрением этих поверхностей и вторичной полировкой до зеркального блеска (внешнюю поверхность экранированного резонатора серебрить и полировать не нужно, так как токи СВЧ по ней не протекают).

При полировке вдоль линии получаются меньшие потери, поэтому полировка элементов коаксиального резонатора с применением вращательного движения нежелательна.

Если резонатор изготовляется из стали, то его поверхность нужно до серебрения покрыть медью и полировать как до серебрения, так и после него.

Потери в отрезке симметричной линии из двух одинаковых проводников на тех же частотах больше, чем потери в экранирован-

ной линии, а добротность соответственно хуже.

Коэффициент трансформации n. Для резонатора с высокой добротностью определяется как корень квадратный из отношения

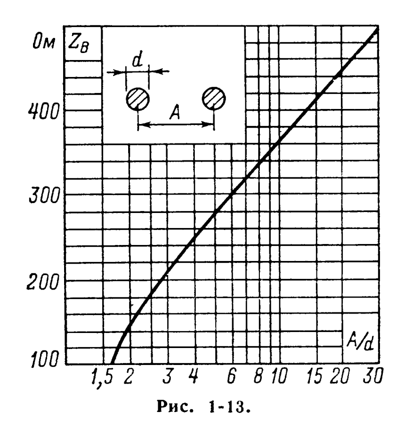


Рис. 1-13.

эквивалентного сопротивления резонатора R_{oe} к сопротивлению нагрузки $Z_н$

$$n = \sqrt{\frac{R_{oe}}{Z_н}}. \qquad (1\text{-}17)$$

Если связь с экранированным резонатором для ввода или вывода энергии осуществляется коаксиальным кабелем, то $Z_н$ представляет собой волновое сопротивление кабеля.

Расчет резонаторов

Диаметр внешнего проводника коаксиального резонатора для генератора на триоде с дисковыми или кольцевыми выводами выбирают с учетом удобства его механического сочленения и кратчайшего электрического соединения с выводом сетки лампы. Диаметр внутреннего проводника должен соответствовать диаметру анодного или катодного вывода лампы.

В генераторе на лампе со штырьками или с гибкими выводами можно применить резонатор в виде отрезка симметричной двухпроводной линии по возможности с большим поперечным сечением проводников и меньшим расстоянием между ними.

Широкополосный резонатор приемного устройства обычно делают экранированным, прямоугольного сечения. Такой резонатор конструктивно удобно расположить внутри шасси приемного устройства, используя в качестве внешнего проводника резонатора стенки монтажного шасси.

Расчет резонатора производят в следующем порядке:

1. Выбрав конструкцию и размеры поперечного сечения резонатора, определяют его волновое сопротивление $Z_в$ по соответствующему графику (рис. 1-11—1-14).

2. По заданной длине волны λ (или частоте), принимая $l < \lambda/6$ с помощью графика на рис. 1-15, определяют произведение $CZ_в$, и разделив это произведение на $Z_в$, находят требуемую резонансную емкость C. Если по расчету величина C получается чрезмерно большой, то нужно задаться большей длиной l.

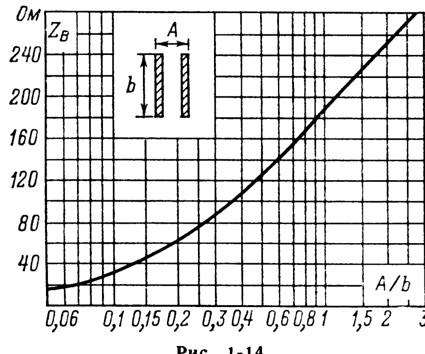


Рис. 1-14.

3. Емкость подстроечного конденсатора, включенного между проводниками линии в схеме генератора, определяется как разность между емкостью, полученной расчетом, и междуэлектродной емкостью лампы. В случае схемы по рис. 1-8, *б* резонансная емкость определяется последовательным соединением

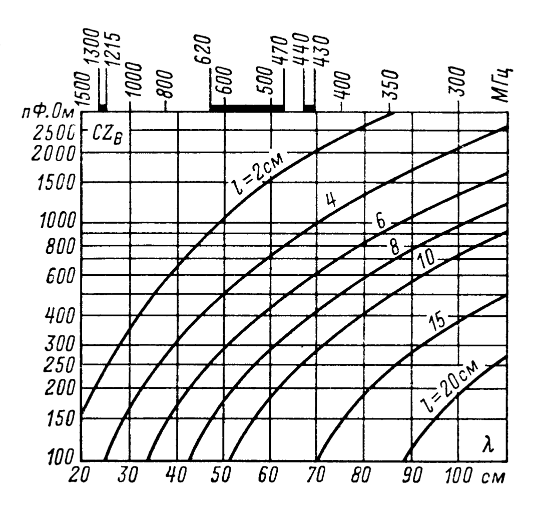


Рис. 1-15.

междуэлектродной емкости лампы и подстроечного конденсатора.

4. Подстроечный конденсатор может быть выполнен конструктивно в виде неподвижного медного или латунного диска, припаянного к концу одного из проводников резонатора (в коаксиальном резонаторе к внутреннему проводнику) и второго такого же диска, который можно приближать к первому диску или удалять от него с помощью винта. Если диаметр каждого диска D [мм], то требуемая емкость C [пФ] получается при расстоянии

t между дисками, мм, определяемом по формуле

$$t = \frac{0,07D^2}{C}. \qquad (1\text{-}18)$$

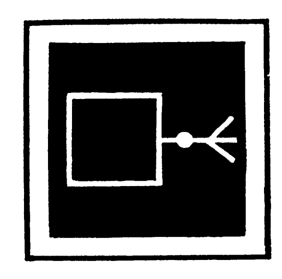
Гайка (резьба), в которой вращается винт, в зависимости от конструкции резонатора крепится на другом его проводнике или на заземленном шасси.

5. Расчет кондуктивной связи производят так. Определив по формуле (1-17) коэффициент трансформации n, вычисляют расстояние a от короткозамкнутого конца линии до места подключения кабеля (нагрузки) по формуле

$$a = \frac{l}{n}. \qquad (1\text{-}19)$$

6. Точный расчет индуктивной связи с резонатором практически невозможен. Размер витка связи b в экранированном резонаторе (рис. 1-10, *б*) обычно равен 0,4—0,7 величины зазора между внутренним и внешним проводниками, а в случае симметричного резонатора (рис. 1-10, *в*) размер b выбирают в пределах 0,6—0,9 расстояния между проводниками A. Длина витка связи a составляет 0,1—0,2 длины резонатора l. Виток связи можно сделать не прямоугольным, как показано на рисунках, а круглым или полукруглым.

Величину связи подбирают практически, поворачивая виток внутри экранированного резонатора или удаляя — приближая виток связи к короткозамкнутому концу симметричного резонатора. Критерием оптимальной связи с резонатором генератора является наибольшая отдаваемая мощность в нагрузку, а в случае приемного устройства — наилучшая его чувствительность и требуемая полоса пропускания. Если изменением положения витка не удается добиться оптимальной величины связи, нужно изменить размеры витка.



РАДИОВЕЩАТЕЛЬНЫЙ ПРИЕМ

РАЗДЕЛ 2

СОДЕРЖАНИЕ

2-1. ПАРАМЕТРЫ РАДИОВЕЩАТЕЛЬНЫХ ПРИЕМНИКОВ

Радиовещательные приемники по требованиям, предъявляемым к их параметрам, делятся на классы: высший, I, II, III и IV (ГОСТ 5651-64). За исключением выходной мощности и допустимых искажений сигнала при воспроизведении все качественные показатели приемников определяются требованиями к их ВЧ трактам. Поэтому с учетом общности параметров низкочастотных трактов приемников, телевизоров и бытовых электрофонов в табл. 2-1 приведены параметры только высокочастотных трактов приемников различных классов.

Чувствительность. При приеме на внешнюю антенну чувствительность приемника определяется минимальной величиной напряжения ВЧ на его входе [мкВ, мВ], а при приеме на магнитную антенну — минимальной напряженностью электромагнитного поля радиостанции в месте приема [мкВ/м, мВ/м], при которых получается стандартная выходная мощность при заданных параметрах принимаемого сигнала и допускаемом отношении сигнал/шум.

Способ измерения. Чувствительность обычно измеряют на трех частотах каждого диапазона. Для этого соединяют сигнал-генератор со входом приемника через эквивалент антенны для определения чувствительности по напряжению или со стандартной рамкой (рис. 2-1) для измерения чувствительности по полю; устанавливают на шкале сигнал-генератора необходимую частоту и включают модуляцию (амплитудную или частотную). К выходу приемника подсоединяют измеритель выхода (вольтметр переменного тока). Регулятор громкости приемника устанавливают в положение максимальной громкости и настраивают приемник на частоту сигнал-генератора по максимуму сигнала на выходе. Изменяя уровень сигнала от сигнал-генератора, добиваются на выходе приемника стандартной мощности. После получения стандартной мощности выключают модуляцию сигнал-генератора и определяют уровень шумов на выходе приемника. Если заданное отношение сигнал/шум не выпол-

Таблица 2-1

Параметры высокочастотных трактов радиовещательных приемников

Параметры			Нормы ГОСТ 5651-64 по классам: Высший	I	II	III	IV
Диапазоны принимаемых частот (волн) [1]	ДВ, кГц (м)		150,0—408,0 (2000,0—735,3)				
	СВ, кГц (м)		525,0—1605,0 (571,4—186,9)				
	КВ, МГц (м)		3,95—12,10 (75,9—24,8)				
	УКВ, МГц (м)		65,8—73,0 (5,6—4,11)				
Промежуточная частота для диапазонов	ДВ, СВ и КВ, кГц		465 ± 2				
	УКВ [1], МГц		6,5 ± 0,1; 6,8 ± 0,1; 10,7 ± 0,1				
Чувствительность при отношении напряжения полезного сигнала к напряжению шумов на выходе не менее 20 дБ в диапазонах ДВ, СВ, КВ и 26 дБ в диапазоне УКВ	Со входа от внешней антенны не хуже, мкВ	ДВ и СВ	50	150		200	300
		КВ	50	200		—	—
		УКВ [2]	5	10	20	30	—
	С внутренней магнитной антенной (для переносных приемников) не хуже, мВ/м	ДВ	—	1,0	2,0	2,5	3,0
		СВ	—	0,7	1,0	1,5	2,0
Эффективность встроенной УКВ антены не хуже, дБ			—15	—20		—	—
Избирательность по соседнему каналу в диапазонах ДВ и СВ не менее, дБ			60	46	34	26	20
Усредненная крутизна ската резонансной характеристики в диапазоне УКВ в интервале ослабления от 6 до 26 дБ не менее, дБ/кГц			0,25	0,20	0,17	0,15	—
Ширина полосы пропускания тракта УКВ, кГц			120—160	120—180			—
Ослабление сигнала по зеркальному каналу не менее, дБ	ДВ		60	46	40	26 [3]	20 [4]
	СВ		50	26		20	20
	КВ		26	14	12	—	—
	УКВ		30	22		20	—
Уход частоты гетеродина от самопрогрева (от измеренной через 5 мин после включения приемника) не более, кГц	В течение первого часа на частотах 65,8—73,0 МГц		20	50			—
	В течение 15 мин на частотах	6—9 МГц	2	4		—	—
		9—12 МГц	3	6		—	—
Излучение гетеродина в диапазоне УКВ (на расстоянии 3 м) не более, мкВ/м			150				—
Ослабление сигнала с частотой, равной промежуточной (для приемников с питанием от сети), не менее, дБ			40	34	30	26	26
Действие АРУ в диапазонах ДВ, СВ и КВ	Изменение напряжения на входе приемника, дБ		60	40	26		
	Соответствующее изменение напряжения на выходе приемника не более, дБ		8	12	10	12	

[1] Диапазон КВ в приемниках классов III и IV и диапазон УКВ в приемниках класса IV ГОСТ не предусматривает.
[2] При входном сопротивлении 300 Ом.
[3] Для приемников с автономным питанием ГОСТ допускает 20 дБ.
[4] Для приемников с автономным питанием ГОСТ допускает 16 дБ.

няется, подбирают такое положение регулятора громкости приемника и такой уровень сигнала от сигнал-генератора, при которых обеспечивается заданное отношение сигнал/шум. Измерение чувствительности производят в следующих условиях:

глубина модуляции несущей частоты сигнал-генератора $m = 0{,}3$ (в случае ЧМ $m = 0{,}3$ соответствует девиация частоты

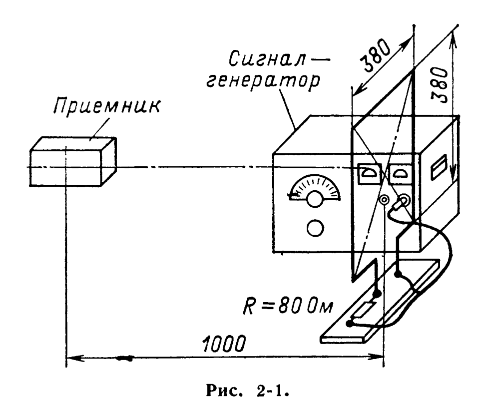


Рис. 2-1.

15 кГц при пиковой девиации 50 кГц и 22,5 кГц при пиковой девиации 75 кГц); частота модуляции 400 или 1 000 Гц; стандартная мощность на выходе 50 мВ·А для приемников с номинальной выходной мощностью $P_{вых} \geqslant 150$ мВ·А и 5 мВ·А для приемников с $P_{вых} < 150$ мВ·А; отношение сигнал/шум 20 и 26 дБ при приеме АМ и ЧМ сигналов соответственно.

Избирательность по соседнему каналу — величина, показывающая, во сколько раз ухудшается чувствительность приемника при расстройке его на 10 кГц в АМ тракте или 250 кГц в ЧМ тракте.

С п о с о б и з м е р е н и я. Измерения производят на частотах 250 и 1 000 кГц в АМ тракте и 70 МГц в ЧМ тракте. Измерив чувствительность приемника при точной настройке на частоту сигнал-генератора, не меняя настройки приемника и установки регуляторов громкости и тембра, изменяют частоту сигнал-генератора на 10 или 250 кГц и вновь подбирают такую величину сигнала, при которой выходное напряжение достигнет прежнего значения, т. е. измеряют чувствительность при расстройке. Отношение чувствительности при расстройке к чувствительности при резонансе дает величину ослабления приема по соседнему каналу.

Ширина полосы пропускания ВЧ части при приеме АМ сигналов — интервал частот, на границах которого чувствительность ухудшается в 2 раза (на 6 дБ) по сравнению с резонансной.

С п о с о б и з м е р е н и я. Измеряют чувствительность приемника при настройке на частоту сигнал-генератора и, не изменяя настройки приемника и установки регуляторов громкости и тембра, увеличивают выходное напряжение сигнал-генератора в 2 раза. После этого изменяют частоту сигнал-генератора в обе стороны от резонансной до тех пор, пока измеритель выходного напряжения не покажет прежнее выходное напряжение. Разность частот расстройки равна полосе пропускания.

Ослабление сигнала по зеркальному каналу приема — параметр, показывающий, во сколько раз чувствительность приемника на зеркальном канале приема хуже чувствительности при приеме на основном канале.

С п о с о б и з м е р е н и я. Измерение этого параметра проводят так же, как при определении избирательности по соседнему каналу, но при расстройке, равной удвоенной номинальной промежуточной частоте; расстройку производят в сторону повышения частоты, если частота гетеродина выше частоты сигнала, и наоборот.

Ослабление сигнала с частотой, равной промежуточной, — параметр, показывающий, во сколько раз чувствительность приемника по отношению к поступающим в цепь антенны колебаниям ПЧ хуже чувствительности по отношению к сигналу, на частоту которого настроен приемник.

С п о с о б и з м е р е н и я. Измеряют чувствительность приемника при точной настройке на частоту сигнал-генератора и, не изменяя настройки приемника и установки регуляторов громкости и тембра, настраивают сигнал-генератор на номинальную промежуточную частоту приемника и вновь измеряют чувствительность. Отношение измеренных таким образом чувствительностей дает искомую величину ослабления.

Измерения производят при настройке приемника на частоты, наиболее близкие к промежуточной частоте.

Диапазон принимаемых частот — область частот, на которые может быть настроен приемник.

С п о с о б и з м е р е н и я. На вход приемника подают напряжение от гетеродинного волномера. Указатель настройки приемника ставят на крайние точки шкалы, после чего волномер настраивают по максимуму выходного напряжения. Соответствующая граничная частота отсчитывается по шкале волномера.

Точность градуировки шкалы — величина погрешности градуировки шкалы, отнесенная к соответствующей частоте сигнала.

С п о с о б и з м е р е н и я. На вход приемника подают напряжение от гетеродинного волномера. Указатель настройки приемника устанавливают на оцифрованную точку шкалы. Гетеродинный волномер настраивают по максимальному выходному напряжению приемника. Разность частот, прочитанных на шкалах приемника и волномера, отнесенная к частоте сигнала, дает процентную погрешность градуировки. Измерения производят не менее чем для двух точек каждого поддиапазона, причем крайние точки должны отстоять от концов шкалы на 10—20% ширины поддиапазона.

Уход частоты гетеродина от самопрогрева — изменение частоты гетеродина приемника вследствие нагревания его деталей.

Способ измерения. Гетеродинный волномер слабо связывают с гетеродином приемника. Приемник настраивают на высшую частоту каждого поддиапазона. Через 5 мин после включения приемника волномер настраивают на частоту гетеродина по нулевым биениям и производят отсчет частоты по его шкале. То же повторяют через 15 мин. Разность результатов двух измерений дает величину ухода частоты гетеродина.

Кривая верности воспроизведения приемника — зависимость звукового давления от частоты модуляции при постоянных величинах частоты, напряжения и глубины модуляции ВЧ сигнала на входе приемника.

Способ измерения. В силу больших трудностей, связанных с непосредственным измерением звукового давления, кривая верности воспроизведения обычно получается косвенным путем: снятием кривой верности воспроизведения по выходному напряжению с последующим наложением на кривую воспроизведения громкоговорителя. Сигнал-генератор соединяют с приемником так же, как и при измерении чувствительности, устанавливают выходное напряжение сигнал-генератора в 3—5 раз больше уровня номинальной чувствительности, а глубину модуляции от внешнего звукового генератора равной 30%.

Регулятором громкости приемника устанавливают напряжение на его выходе, соответствующее 0,25 номинальной выходной мощности. Регуляторы тембра и полосы пропускания устанавливают в положение, соответствующее наиболее широкой полосе пропускания и, изменяя частоту звукового генератора и поддерживая неизменным коэффициент модуляции (или девиацию частоты при ЧМ), снимают зависимость выходного напряжения от частоты модуляции.

Усредненная крутизна ската резонансной характеристики — величина, определяющая степень приближения характеристики избирательности приемника к прямоугольной.

Способ измерения. Измерение производят так же, как измерение ширины полосы пропускания при уменьшении чувствительности в 2 раза (6 дБ) и 20 раз (26 дБ).

Излучение гетеродина в диапазоне УКВ — величина, характеризующая степень помех близко расположенным приемникам (телевизорам) от излучаемой в антенну мощности с частотой гетеродина.

Способ измерения. Вследствие больших трудностей измерения напряженности поля, создаваемого гетеродином, этот параметр приемника обычно определяют косвенным путем: измеряют напряжение сигнала гетеродина на входе блока УКВ при подключенном эквиваленте антенны. Напряжение на эквиваленте антенны 300 Ом не должно превышать 1,5 мВ.

Действие АРУ — величина, характеризующая степень поддержания постоянства сигнала на выходе приемника при изменении уровня сигнала на входе.

Способ измерения. Измерение производят на частотах 1 и 70 МГц, так же как измерение чувствительности, но при выходном напряжении приемника, соответствующем 0,25 номинальной мощности. Затем напряжение от сигнал-генератора уменьшают в заданное число раз. Отношение напряжений на выходе приемника при максимальном и минимальном напряжении на входе, выраженное в децибелах, характеризует действие АРУ.

2-2. ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ СХЕМЫ РАДИОВЕЩАТЕЛЬНЫХ ПРИЕМНИКОВ

Приемники прямого усиления

Основное достоинство приемников прямого усиления (рис. 2-2) — простота изготовления и налаживания, недостаток — малые чувствительность и избирательность. При этом чувствительность и избирательность тем хуже, чем выше частота, на которую настроены контуры приемника; избирательность ограничивается числом контуров и трудностью сопряжения их настроек при большом числе контуров. Область применения приемников прямого усиления без обратной связи практически ограничена диапазонами ДВ и СВ.

Улучшение чувствительности и избирательности с помощью положительной обратной связи усложняет управление приемником и не гарантирует постоянства его параметров при изменении уровня принимаемых сигналов, изменении параметров антенны и напряжения питания приемника. Применение обратной связи может вызвать излучение антенной колебаний с частотой, близкой к частоте принимаемой радиостанции, что создает помехи соседним радиоприемникам. Тем не менее применение регулируемой положительной обратной связи позволяет расширить область применения приемников прямого усиления вплоть до диапазона КВ, особенно для приема радиотелеграфных сигналов.

Использование сверхрегенерации позволяет осуществлять прием АМ и ЧМ сигналов в диапазоне УКВ. Принцип сверхрегенерации заключается в периодическом прерывании со сверхзвуковой частотой генерации в приемнике, настроенном на частоту радиостанции; при этом среднее за период вспомогательных колебаний усиление принимаемой частоты может достигать 1 млн. раз. Высокого качества радиоприема с помощью регенеративных и сверхрегенеративных приемников получить нельзя. Ламповые и транзисторные детекторы с обратной связью позволяют вести прием сигналов, создающих на их входах напряжение величиной порядка сотен микровольт — единиц милливольт.

Супергетеродинные приемники

В супергетеродинном приемнике (см. рис. 2-4—2-9) принимаемый сигнал преобразуется в сигнал ПЧ, на которой осуществляется основное усиление сигнала и подавление сигналов радиостанций, создающих

помехи приему из-за близкого расположения их рабочих частот. Постоянство настройки контуров ПЧ позволяет увеличить число резонансных контуров по сравнению с приемниками прямого усиления и тем самым улучшить избирательность по соседнему каналу. Сосредоточение основного усиления приемника в УПЧ делает практически независимой от частоты настройки чувствительность приемников супергетеродинного типа, расширяя область их применения до диапазона УКВ, и дает возможность получить значительный запас по усилению, позволяющий ввести ряд дополнительных устройств, улучшающих эксплуатационные характеристики приемников.

Недостатки супергетеродинов: наличие «ложных» каналов приема по ПЧ, зеркальному каналу и комбинационным каналам (каналы приема на гармониках принимаемого сигнала, гетеродина и промежуточной частоты), а также бóльшая сложность изготовления и налаживания.

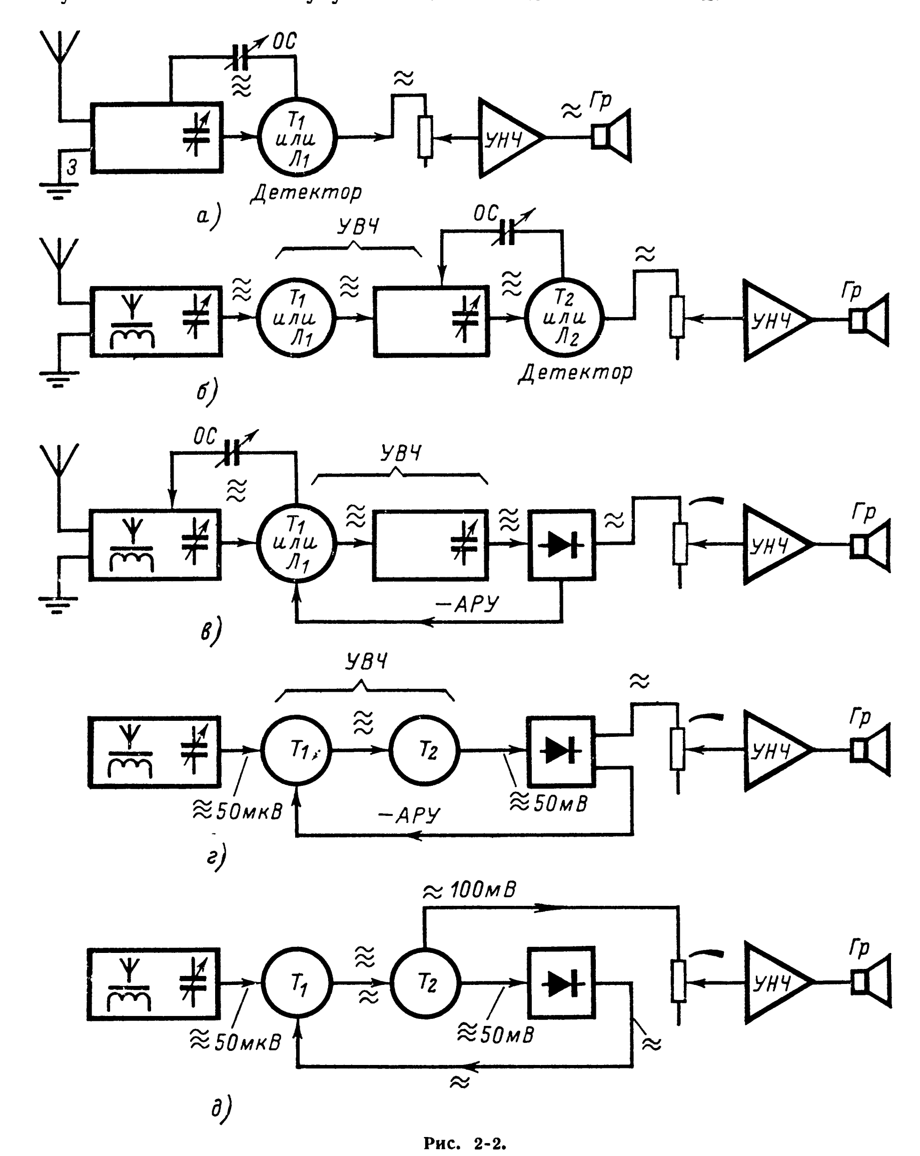


Рис. 2-2.

Возникновение ложных каналов приема заложено в самом принципе преобразования частоты и поясняется примером на рис. 2-3, где приняты следующие обозначения: $f_с$ — частота полезного принимаемого сигнала, $f_г$ — частота гетеродина, $f_{пр}$ — промежуточная частота, $f_з$ — частота «зеркальная», $f_{п1}$, $f_{п2}$, $f_{п3}$ — частоты помех.

Для достижения высокой реальной избирательности приемника избирательные системы целесообразно располагать возможно ближе к его входу, а основное усиление обес-

печивать последующими каскадами. При этом избирательные системы приемника подавляют помехи при низких уровнях сигналов, вследствие чего уменьшается опасность перегрузки усилительных каскадов помехами.

В современных радиовещательных супергетеродинных приемниках, особенно в переносных транзисторных приемниках классов III и IV (см. функциональные схемы на рис. 2-4 и 2-5), применяют фильтры основной селекции (ФОС), располагая их на входах УПЧ (реже между первым и вторым каскадом УПЧ). К числу таких фильтров относятся: *LC*-фильтры сосредоточенной селекции (ФСС), пьезокерамические (ПКФ) и электромеханические (ЭМФ). Фильтры эти обладают частотными характеристиками, обеспечивающими заданную избирательность для приемника в целом. Поэтому дальнейшее усиление сигналов производится сравнительно широкополосными усилителями ПЧ.

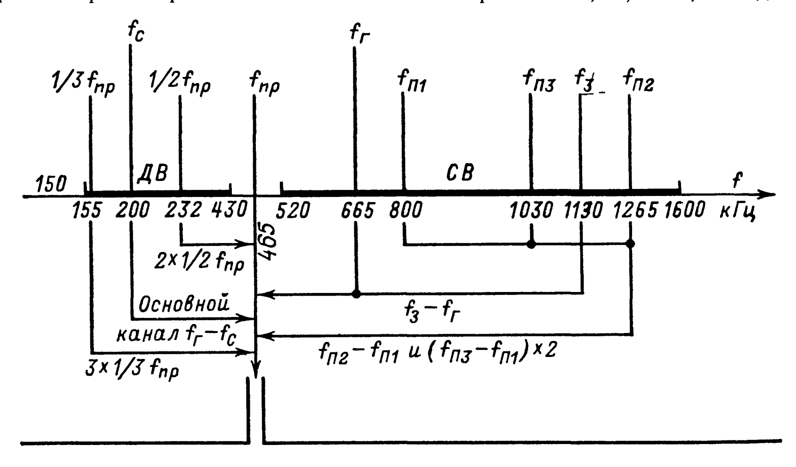


Рис. 2-3.

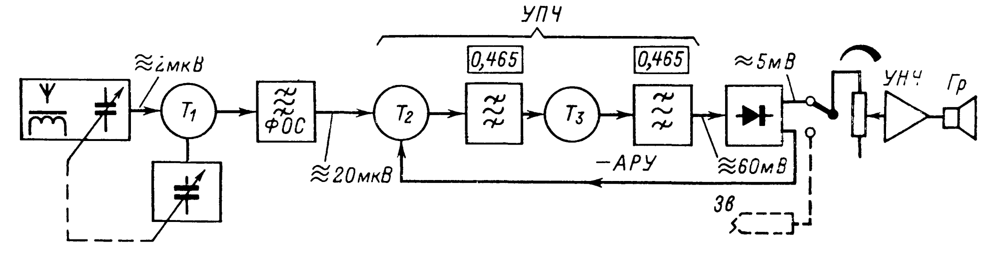


Рис. 2-4.

Избирательность входных цепей или УВЧ должна ослаблять помехи по ложным каналам приема, комбинационные и перекрестные помехи. Решение этой задачи осложняется с ростом частоты принимаемых сигналов, поэтому иногда приходится иметь во входных устройствах 2—3 перестраиваемых контура. С переходом на УКВ повышают промежуточную частоту, улучшая тем самым избирательность по зеркальному каналу без усложнения входных цепей.

Усиление всего ВЧ тракта приемника должно быть таким, чтобы к детектору подводилось напряжение сигнала с величиной, обеспечивающей его нормальную работу. Оптимальным напряжением на входе детектора (на полупроводниковом диоде) можно считать: 30—60 мВ для простых транзисторных приемников, 0,15—0,3 В для транзисторных приемников классов от второго до высшего и 1—3 В для ламповых приемников.

Приведенные данные определяют необходимое усиление и количество каскадов УВЧ и УПЧ приемника.

Питание гетеродинов должно быть стабилизировано. Для улучшения действия системы АРУ в ней применяют УПТ (на транзисторе T_5 в схеме на рис. 2-5).

Приемники с диапазоном УКВ. Типовая функциональная схема подобного приемника приведена на рис. 2-6. В схеме на рис. 2-7 при приеме ЧМ сигналов на УКВ используется ВЧ тракт АМ, к которому добавлен частотный детектор. С выхода детектора на гетеродин УКВ блока подается отрицательная обратная связь по частоте (ОСЧ), обеспечивающая уменьшение индекса частотной модуляции и автоматическую подстройку частоты (АПЧГ).

Сущность ОСЧ заключается в том, что к управляющему элементу устройства АПЧГ, кроме постоянного напряжения, величина которого пропорциональна расстройке при-

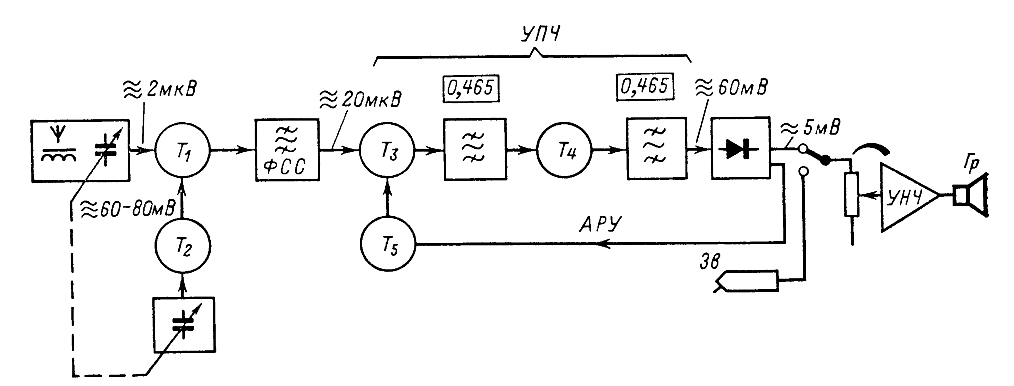


Рис. 2-5.

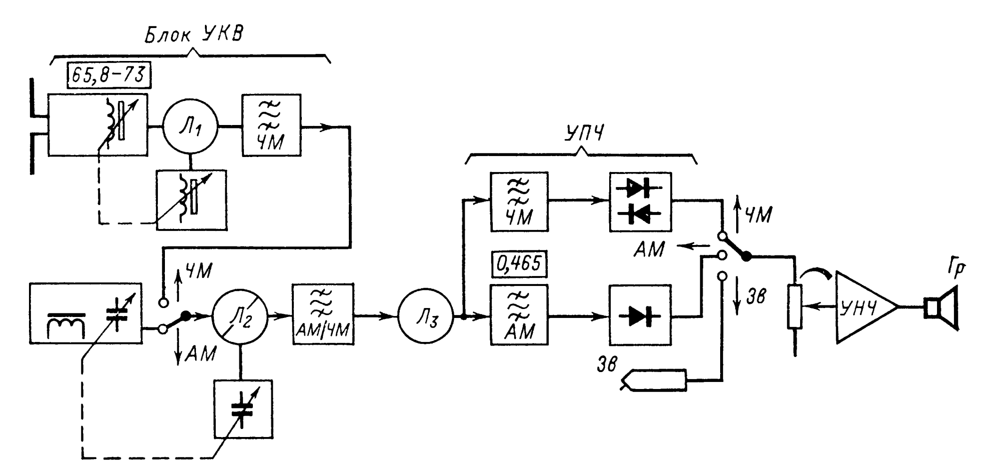


Рис. 2-6.

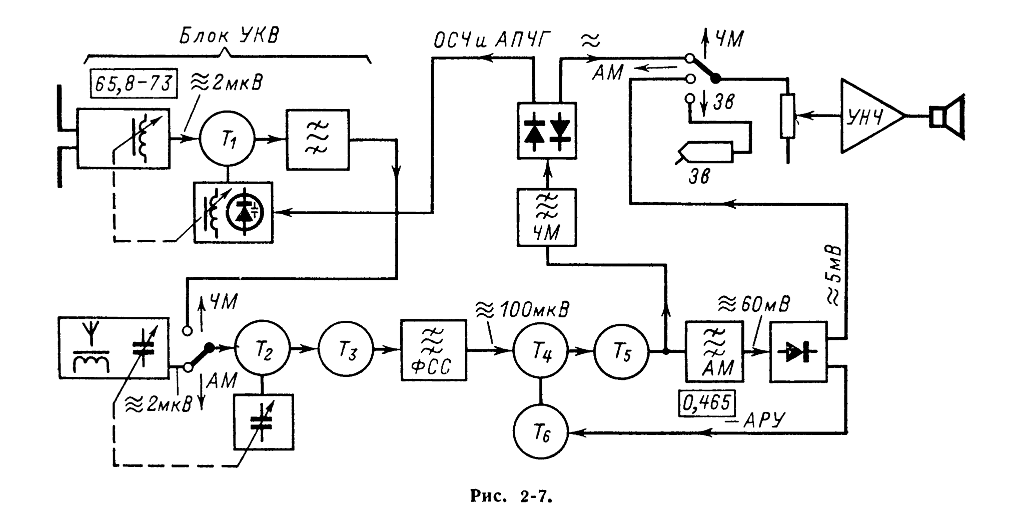


Рис. 2-7.

емника по отношению к сигналу, подводится напряжение звуковой частоты с выхода частотного детектора в такой фазе, что система мгновенной АПЧГ уменьшает девиацию частоты в тракте УПЧ до ширины его полосы системы электронной перестройки частоты с использованием варикапов. Существенным недостатком инфрадина является большая подверженность перекрестным помехам из-за отсутствия узкополосных входных цепей.

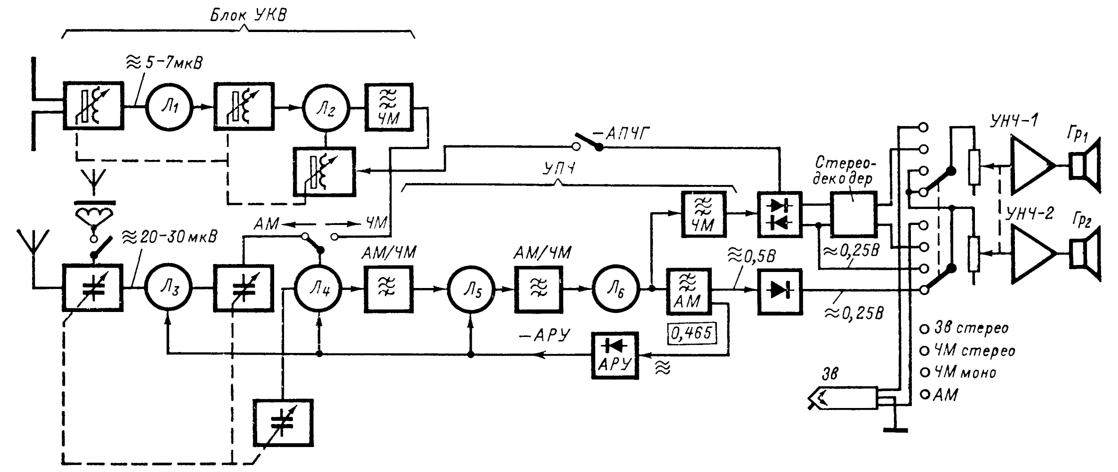


Рис. 2-8.

пропускания. Полоса пропускания УПЧ не должна быть у́же удвоенного значения наивысшей частоты модуляции, которая подлежит воспроизведению. Совмещение трактов ПЧ, ЧМ и АМ ограничивает полосу пропускания при ЧМ до значения полосы пропускания при АМ (4—5 кГц), что значительно упрощает схему приемника в диапазоне УКВ по сравнению с «классической» схемой с двумя различными для диапазонов с ЧМ и АМ значениями ПЧ, поэтому она может быть рекомендована для портативных переносных транзисторных приемников.

Стереофонический ламповый приемник высшего и первого класса (рис. 2-8). Особенностью такого приемника является наличие декодера (разделителя) стереосигналов, двух каналов УНЧ, каскада УВЧ. Осуществляется АПЧГ блока УКВ.

Транзисторный стереофонический приемник выполняется по аналогичной схеме, в нем необходима стабилизация напряжений питания всех каскадов УВЧ, УПЧ и гетеродина.

Инфрадин. Инфрадин (рис. 2-9) отличается тем, что его ПЧ выше максимальной принимаемой частоты и поэтому зеркальный канал приема всегда расположен выше диапазона принимаемых частот. Это позволяет заменить перестраиваемый входной контур фильтром нижних частот с границей полосы пропускания, равной максимальной принимаемой частоте.

Вследствие высокого значения ПЧ необходимая перестройка частоты контура гетеродина сравнительно невелика даже при одновременном перекрытии диапазонов СВ и ДВ. Это позволяет применить малогабаритный конденсатор переменной емкости или

По схеме инфрадина целесообразно выполнять приемники для приема мало удаленных радиостанций, в том числе приемники с автоматической электронной настройкой.

2-3. ВХОДНЫЕ УСТРОЙСТВА ПРИЕМНИКОВ. МАГНИТНЫЕ АНТЕННЫ

Входные устройства. Основное назначение входных цепей приемника — передача сигнала из цепи антенны на преобразователь частоты, на вход УВЧ или детектор, осуществление избирательности по соседнему каналу (в приемнике прямого усиления), по зеркальному и соседнему каналам, промежуточной частоте и другим побочным каналам приема (в супергетеродинах).

Входная цепь приемника на диапазонах ДВ, СВ и КВ, как правило, состоит из одного-двух резонансных контуров, настраиваемых на частоту принимаемого сигнала и элементов связи антенны с этими контурами.

Способ связи входного контура с антенной цепью определяется заданными требованиями к чувствительности приемника и избирательности входного устройства. Для получения максимальной чувствительности связь с антенной должна обеспечивать наибольший коэффициент передачи напряжения сигнала ко входу первого каскада.

В тех случаях, когда определяющую роль играет избирательность входного устройства, связь с антенной выбирают из условий обеспечения заданной избирательности, мирясь с уменьшением чувствительности приемника. И наоборот, в простых приемниках в диапа-

зонах ДВ и СВ и в диапазоне УКВ иногда применяют широкополосные цепи связи с антенной, не перестраиваемые в пределах данного диапазона.

Расчет элементов резонансного контура. Перестройка контура входного устройства в заданном диапазоне частот $f_{мин}$ — $f_{макс}$ чаще

то индуктивность катушки определяют с помощью табл. 1-1 или по формуле

$$L_к = \frac{25\,300}{f^2_{мин}(C_\sim + C_0)},$$

где $L_к$, мкГ; $C_\sim$ и C_0, пФ; $f_{мин}$, МГц.

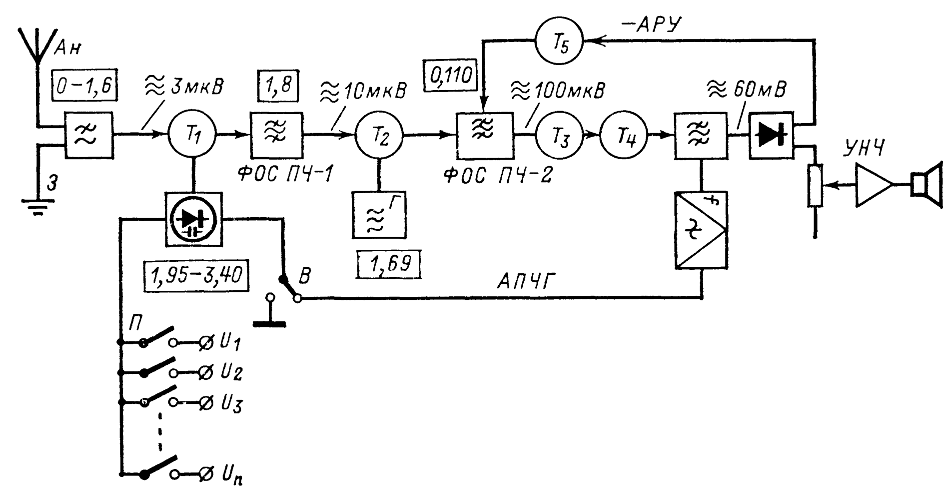


Рис. 2-9.

всего осуществляется конденсатором переменной емкости (рис. 2-10). Расчет параметров контура производят в следующем порядке.

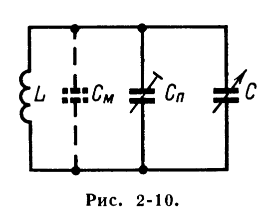


Рис. 2-10.

1. Определяют коэффициент перекрытия по частоте

$$k_д = f_{макс}/f_{мин}.$$

2. Выбрав конденсатор переменной емкости, определяют параметр

$$C_\sim = C_к - C_н,$$

где $C_к$ и $C_н$ — конечная и начальная емкости конденсатора.

3. Принимая емкость монтажа контура $C_м \approx 30 \div 50$ пФ для лампового приемника и $C_м \approx 15 \div 30$ пФ для транзисторного, определяют начальную емкость контура по формуле

$$C_0 = C_м + C_п + C_н,$$

где $C_п$ — средняя емкость подстроечного конденсатора.

Если начальная емкость удовлетворяет условию

$$C_0 = C_\sim/(k^2_д - 1),$$

Если же $C_0 < C_м + C_п + C_н$, то следует применить конденсатор с большим значением $C_\sim$.

4. Определяют ослабление контуром помехи с частотой $f_п$, отстоящей от резонансной частоты на величину $\Delta f = f_{рез} - f_п$; в случае малых расстроек

$$d = \sqrt{1 + \left(\frac{2\Delta f}{f_{рез}} Q_э\right)^2}$$

и для больших расстроек

$$d = 2\Delta f Q_э / f_{рез},$$

где $f_{рез}$ — резонансная частота контура; $Q_э$ — эффективная добротность контура, зависящая от потерь, вносимых в него антенной и электронными приборами (лампа, транзистор), связанными с контуром.

Способы связи входного контура с антенной. Связь входного контура с антенной осуществляется с помощью катушки или конденсатора. В первом случае связь называется индуктивной, во втором — емкостной.

Индуктивная связь (рис. 2-11, *а*) при частоте настройки антенной цепи $f_А$ ниже самой низкой частоты $f_{мин}$ данного поддиапазона обеспечивает относительное постоянство коэффициента передачи напряжения $k_{вх}$ входного контура $L_кC_к$. Приближенный расчет $L_А$ и $k_{вх}$ можно произвести с помощью номограммы на рис. 2-12 (M — взаимоиндукция между катушками $L_А$ и $L_к$).

Емкостная связь отличается большей неравномерностью коэффициента передачи, чем индуктивная, но в силу простоты

применяется в несложных приемниках. Она подразделяется на внешнеемкостную (рис. 2-11, *б*) и внутриемкостную (рис. 2-11, *в*). Расчет элемента внешнеемкостной связи C_c производится по номограмме на рис. 2-13.

Комбинированная связь (рис. 2-11, *г*) позволяет получить наибольшую равномерность коэффициента передачи напряжения антенной цепи в пределах каждого из поддиапазонов приемника.

Связь входного контура с УВЧ. В ламповых приемниках и в приемниках с полевыми транзисторами связь входного контура с УВЧ благодаря высокому входному сопротивлению УВЧ в диапазонах ДВ, СВ и КВ, как правило, полная — участок сетка — катод (затвор — исток) соединяется параллельно всему контуру. В приемниках с биполярными транзисторами из-за малого входного сопротивления первого каскада цепь базы присоединяется к контуру не полностью. Величина связи транзистора первого каскада с контуром зависит от коэффициента включения цепи базы p_1, который равен отношению числа витков катушки связи w_c к числу витков всей контурной катушки $w_к$ при индуктивной связи или отношению емкости контура к емкости конденсатора связи при внутриемкостной связи. Для максимальной передачи энергии из контура в цепь базы транзистора входного каскада (УВЧ или преобразователя частоты) необходимо оптимальное согласование входного сопротивления этого каскада с сопротивлением контура при резонансе, которое получается при условии

$$p_1 = \frac{w_c}{w_к}\sqrt{\frac{R_{вх}}{R_{oe}}},$$

где R_{oe} — эквивалентное сопротивление контура при резонансе (см. стр. 17).

При таком согласовании добротность контура и, следовательно, его избирательные свойства ухудшаются в 2 раза. Если задана ширина полосы пропускания $2\Delta f$, то коэффициент включения будет:

$$p_1 = \sqrt{\frac{R_{вх}}{R_{oe}}\left(\frac{\Delta f}{\Delta f_{рез}} - 1\right)}.$$

Так как согласование возможно только на одной частоте поддиапазона, то его следует производить на средней частоте либо на одной из крайних. При согласовании на частоте $f_{макс}$ избирательность будет возрастать при понижении частоты настройки контура, а при согласовании на $f_{мин}$ избирательность с ростом частоты будет уменьшаться по сравнению с частотой согласования.

Коэффициент передачи напряжения антенной цепи на вход первого каскада приемника при оптимальном согласовании

$$k_{вх} = 0{,}5pk_{вх},$$

где $k_{вх}$ — коэффициент передачи напряжения к контуру.

Магнитные антенны. Магнитные антенны — это ферритовые и рамочные антенны. По сравнению с наружными они, как правило, имеют меньшую эффективность, которая пропорциональна действующей высоте антенны. Действующая высота магнитных антенн от 0,02 (для ДВ) до 0,5—0,7 м (для КВ), тогда как действующая высота электрических антенн от 0,8—1 м (для встроенных штыревых) до 5—15 м (для наружных). Для получения заданной чувствительности приемника с магнитной антенной усиление его ВЧ (ПЧ) тракта должно быть в несколько раз больше, чем в приемнике, предназначенном для работы с внешней или встроенной электрической антенной.

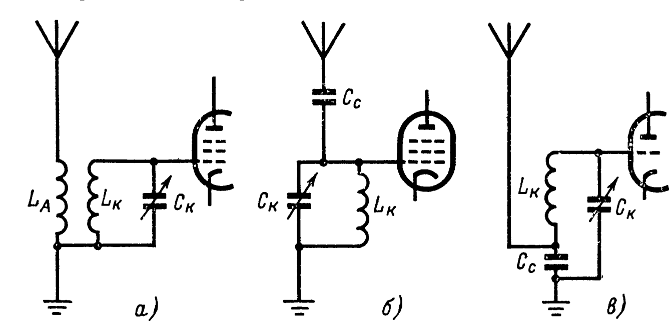


Рис. 2-11.

Этот недостаток магнитных антенн окупается малыми их габаритами, более высокой помехозащищенностью по отношению к индустриальным помехам и возможностью применения пространственной селекции.

Ферритовая антенна. Ее принципиальная схема не отличается от схемы обычного колебательного контура; различие проявляется лишь в том, что катушка контура ферритовой антенны наматывается на сердечнике из феррита с большой магнитной проницаемостью и значительными геометрическими размерами, от которых зависит эффективность ферритовой антенны.

Напряжение в контуре ферритовой антенны

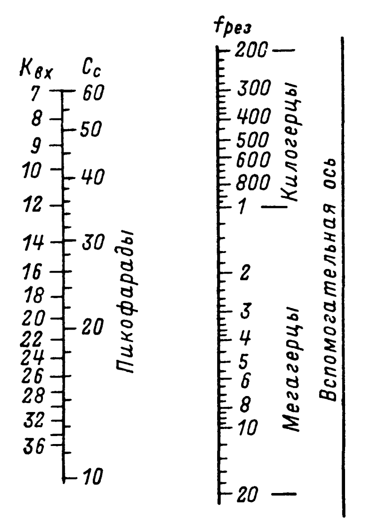
$$U = 2EQ_э wS_c f_{рез}\mu_п \cdot 10^{-6},$$

где E — напряженность поля в месте приема, В/м; $Q_э$ — эффективная добротность; w — число витков катушки антенны; S_c — площадь поперечного сечения сердечника, мм;

$\frac{f_A}{f_{рез}}$ Килогерцы f_A L_A Миллигенри Микрогенри $K_{вх}$ Вспомогательная ось 2 M Микрогенри Вспомогательная ось 1 L_K мГ Микрогенри $\frac{f_{мин}}{f_A}$ $Q_э$

$\frac{f_A}{f_0}$ f_A L_A $K_{вх}$ 2 M 1 L_K $\frac{f_{мин}}{f_A}$ дано ответ

Рис. 2-12.



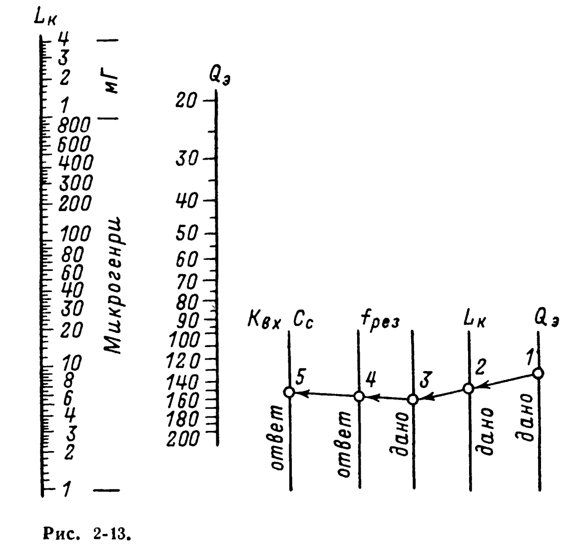


Рис. 2-13.

$f_{рез}$ — резонансная частота, МГц; $\mu_п$ — среднее значение магнитной проницаемости сердечника.

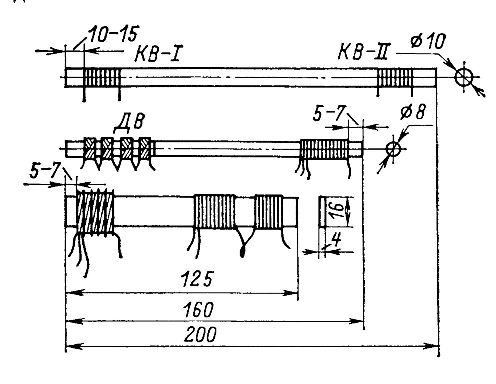


Рис. 2-14.

Для сердечников из феррита марок 400НН и 600НН (рис. 2-14) при указанном размещении катушек можно принять $\mu_п \approx$ ≈ 100 и $\mu_п \approx 50$ для сердечников из феррита марок 100НН и 150НН.

Зависимость между индуктивностью L и числом витков w катушки антенны, выполненной на стандартном сердечнике прямоугольного сечения $4 \times 16 \times 125$ мм из феррита марки 400НН, показана на рис. 2-15. График на рис. 2-15, *а* соответствует намотке катушки проводом 0,4—0,6 мм с шагом 1 мм, график на рис. 2-15, *б* — намотке многожильным проводом ЛЭШО 10×0,07, график на рис. 2-15, *в* — намотке проводом ПЭШО 0,1.

На рис. 2-16 показана зависимость между индуктивностью L и числом витков w катушек для антенны, выполненной на цилиндрическом сердечнике из феррита марки 600НН диаметром 8 и длиной 160 мм (намотка проводом ЛЭШО $10 \times 0{,}07$), а на рис. 2-17 — для антенны диапазона КВ, выполненной на сердечнике из феррита марки 150НН диаметром 10 и длиной 200 мм (намотка проводом 0,6—0,8 мм с шагом 2 мм).

Связь контура ферритовой антенны с первым каскадом приемника чаще всего индуктивная (рис. 2-18, *а*); при этом катушка связи L_c должна располагаться вплотную к катушке $L_к$. Во избежание паразитных резонансов в диапазоне рабочих частот ферритовой антенны рекомендуется применять автотрансформаторную (рис. 2-18, *б*) или емкостную связь (рис. 2-18, *в*).

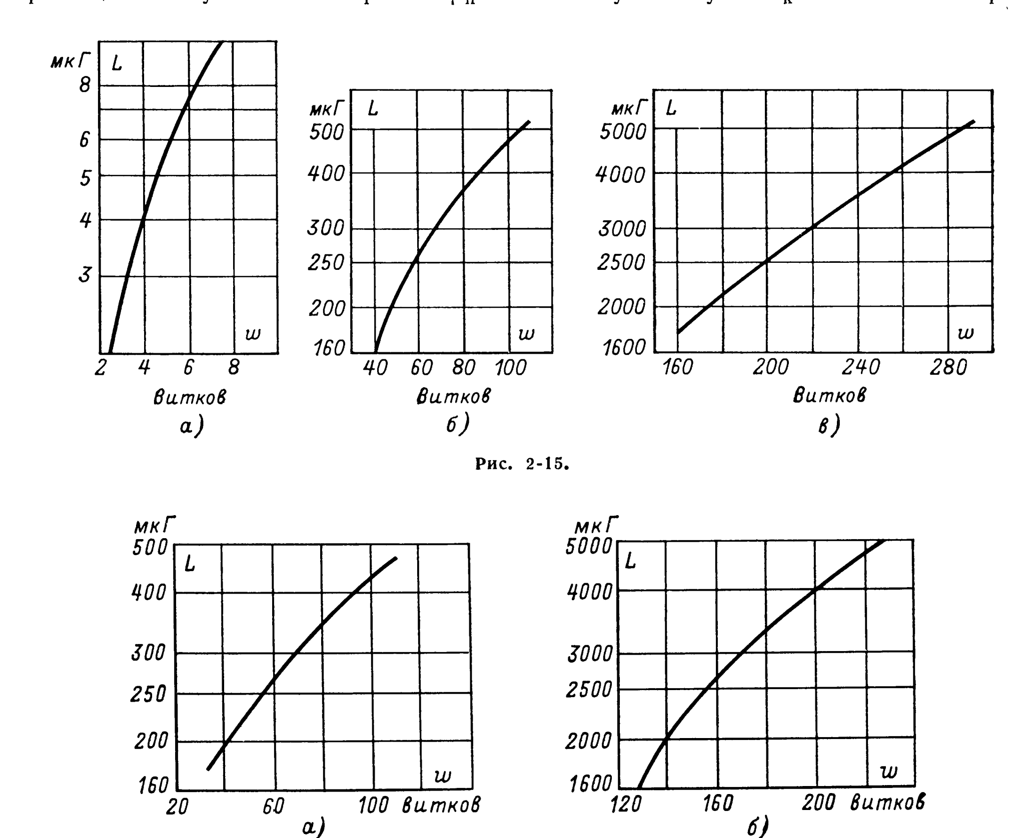


Рис. 2-15.

Рис. 2-16.

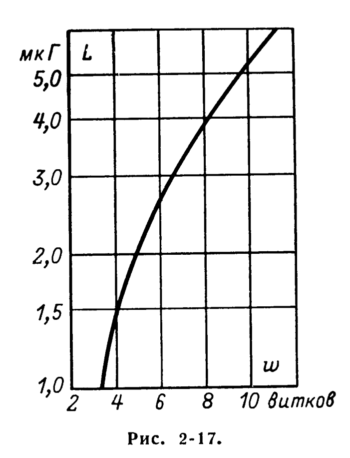


Рис. 2-17.

Рамочная антенна (без ферромагнитного сердечника). Эффективность встроенной рамочной антенны (при длине корпуса приемника 150—200 мм) сравнима с эффективностью ма в диапазоне КВ), дана на графике рис. 2-19.

Связь рамочной антенны с первым каскадом лампового приемника осуществляется подключением цепи сетки первой лампы ко всему контуру. В транзисторных приемниках можно применить схему связи цепи базы транзистора первого каскада с контуром рамочной антенны, изображенную на рис. 2-20. В этой схеме часть индуктивности контура представлена катушкой L_2, намотанной на каркасе с подстроечным сердечником. На этом же каркасе наматывают катушку связи L_3.

Во избежание паразитных резонансов, снижения чувствительности на отдельных участках диапазонов и уменьшения избирательности по побочным каналам приема следует применять одну рамочную антенну (или одну катушку на стержне ферритовой антенны) для нескольких диапазонов. На рис. 2-21, *а* и *б* приведены схемы коммутации контуров приемника с двумя и тремя диапазонами. Катушка L_1 рамочной или ферритовой антенны является контурной катушкой

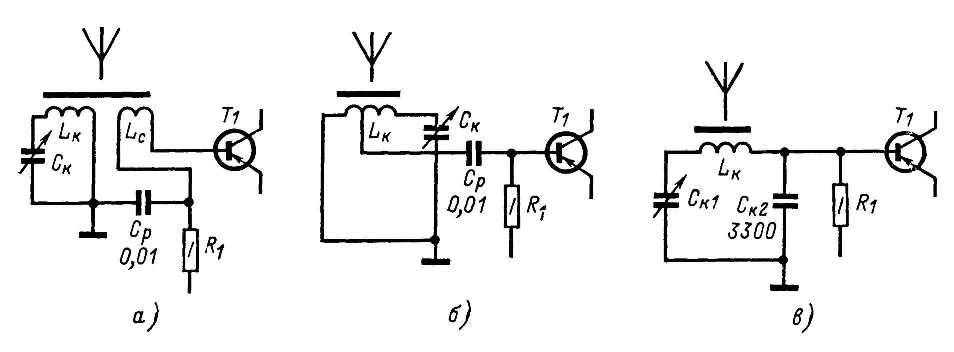


Рис. 2-18.

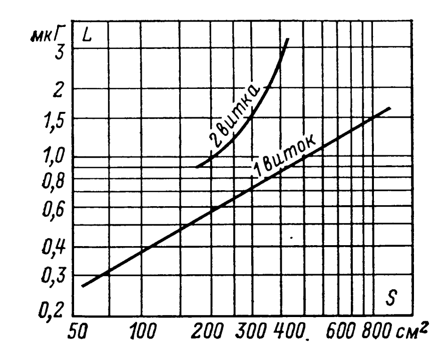


Рис. 2-19.

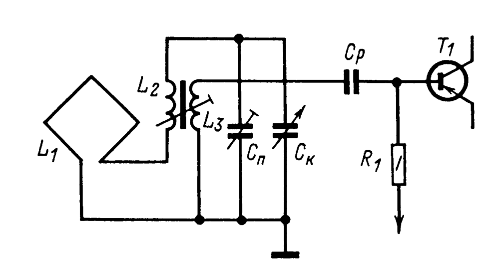


Рис. 2-20.

ферритовой антенны, особенно в диапазоне КВ. Собственная добротность рамочных антенн 150—250.

Зависимость между площадью витка *S* и индуктивностью рамочной антенны, состоящей из 1—2 витков (для приемника коротковолнового диапазона приемника, а на остальных диапазонах в контур антенны включаются дополнительные катушки, выполненные на отдельных каркасах, исключающих связь между ними.

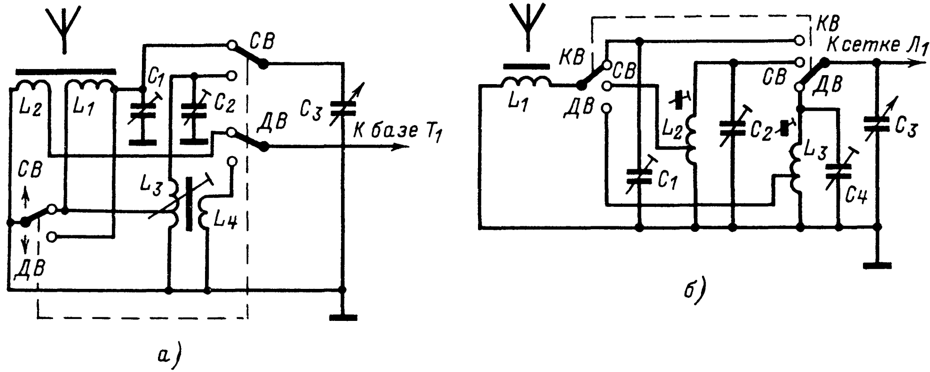


Рис. 2-21.

2-4. УСИЛИТЕЛИ ВЫСОКОЙ ЧАСТОТЫ

Общие сведения

Для нормальной работы детектора необходимо обеспечить на его входе достаточно большой уровень ВЧ сигнала. Для усиления слабых сигналов, наводимых в антенне приемника, применяют резонансные и апериодические каскады УВЧ.

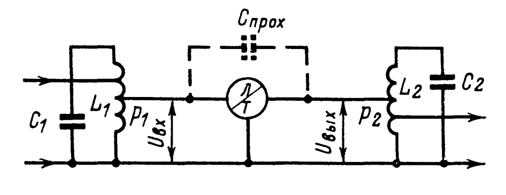


Рис. 2-22.

В приемниках прямого усиления основное усиление сигналов до детектора производится в УВЧ, поэтому его коэффициент усиления может достигать нескольких сотен или даже тысяч. Применение более двух резонансных каскадов УВЧ нерационально, так как при этом же числе коммутируемых и перестраиваемых контуров применение супергетеродинного метода приема позволяет значительно улучшить чувствительность и избирательность приемника.

Коэффициент усиления каскада УВЧ (рис. 2-22), при котором невозможно самовозбуждение из-за влияния проходной емкости транзистора или лампы, получается при условии, что

$$K_{U\text{макс}} \leq \sqrt{\frac{160\,S}{fC_{\text{прох}}}},$$

где $K_{U\,\text{макс}}$ — наибольший допустимый коэффициент усиления, равный $U_{\text{вых}}/U_{\text{вх}}$; S — крутизна переходной характеристики транзистора или лампы на данной частоте и в данном режиме ее использования, мА/В; $C_{\text{прох}}$ — проходная емкость усилительного каскада, пФ; f, МГц.

Если частота сигнала, усиливаемого транзисторным каскадом, $f < 0{,}1f_{\text{т}}$, то крутизну характеристики транзистора можно считать равной $S = 1/h_{11\text{б}}$, где $h_{11\text{б}}$ — входное сопротивление транзистора, включенного по схеме ОБ, при данном рабочем токе эмиттера.

Если емкость $C_{\text{прох}}$ достаточно велика (например, у транзистора), для выполнения этого условия нагрузку необходимо подключать к каскаду через трансформатор с коэффициентом трансформации

$$n = \frac{w_2}{w_1} = \frac{1}{p_2} = \sqrt{\frac{R_{\text{н}}S}{K_{U\text{макс}}}},$$

где w_1 — число витков обмотки в выходной цепи транзистора (лампы); w_2 — число витков обмотки, подключаемой к сопротивлению нагрузки; $R_{\text{н}}$ — сопротивление нагрузки, кОм.

Если нагрузкой каскада является резонансный контур, в эту формулу вместо $R_{\text{н}}$ следует подставлять резонансное сопротивление нагруженного контура

$$R_{oe} = \frac{160Q_{\text{э}}}{fC},$$

где R_{oe}, кОм; f, МГц; C, пФ.

Выходное сопротивление транзистора (лампы), шунтирующее контур, при расчете, как правило, можно не учитывать, если коэффициент трансформации рассчитан указанным способом. Влиянием входного сопротивления лампы в диапазонах ДВ, СВ и КВ обычно пренебрегают, тогда как в транзисторных УВЧ следует учитывать влияние входного сопротивления транзисторов на качество контура в цепи базы. Входное сопротивление транзистора на частотах $f < 0{,}1f_{\text{т}}$ можно определить по формуле

$$R_{\text{вх}} \approx h_{11\text{б}}h_{21\text{э}}.$$

К УВЧ супергетеродинных приемников предъявляются несколько иные требования, чем к УВЧ приемников прямого усиления, а именно: обеспечение соотношения сигнал/шум возможно более близкого к достигаемому во входной цепи приемника, уменьшение

проникания напряжения частоты гетеродина в антенну, уменьшение влияния настройки входного контура на стабильность частоты гетеродина, повышение эффективности АРУ.

Типовые схемы УВЧ на электронных лампах

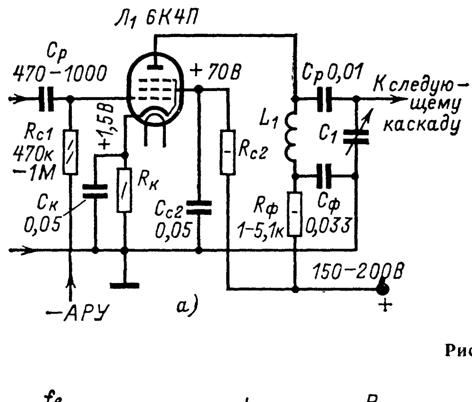
В диапазонах ДВ, СВ и КВ в приемниках прямого усиления и в УВЧ супергетеродинных приемников высшего класса применяют резонансные усилители (рис. 2-23, *а*). Расчет их контуров производят так же, как и входных контуров. Расчет элементов нагрузки апериодического каскада УВЧ (рис. 2-23, *б*) производят по номограмме на рис. 2-24, где $C_ш = C_м + C_{вх} + C_{вых}$.

В диапазоне УКВ в качестве усилительных элементов часто применяют триоды, включенные по схеме с общей сеткой, позволяющие получить минимальный уровень собственных шумов усилителя (рис. 2-25).

В приемниках с высокой чувствительностью применяют каскодные схемы УВЧ на триодах (рис. 2-26), коэффициент устойчивого усиления которых не меньше, чем каскада на высокочастотном пентоде с малой проходной емкостью, но при значительно меньшем, чем у пентода, коэффициенте шума. Коэффициент усиления каскодного усилителя

$$K = S_1 R_н,$$

где S_1 — крутизна характеристики первого триода, мА/В;



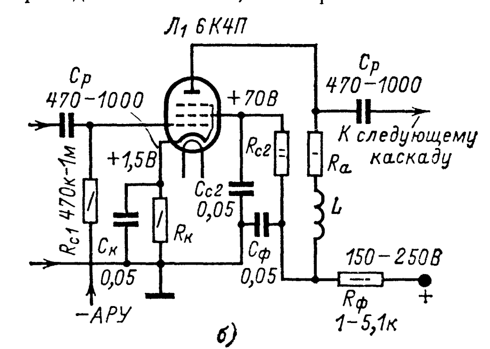


Рис. 2-23.

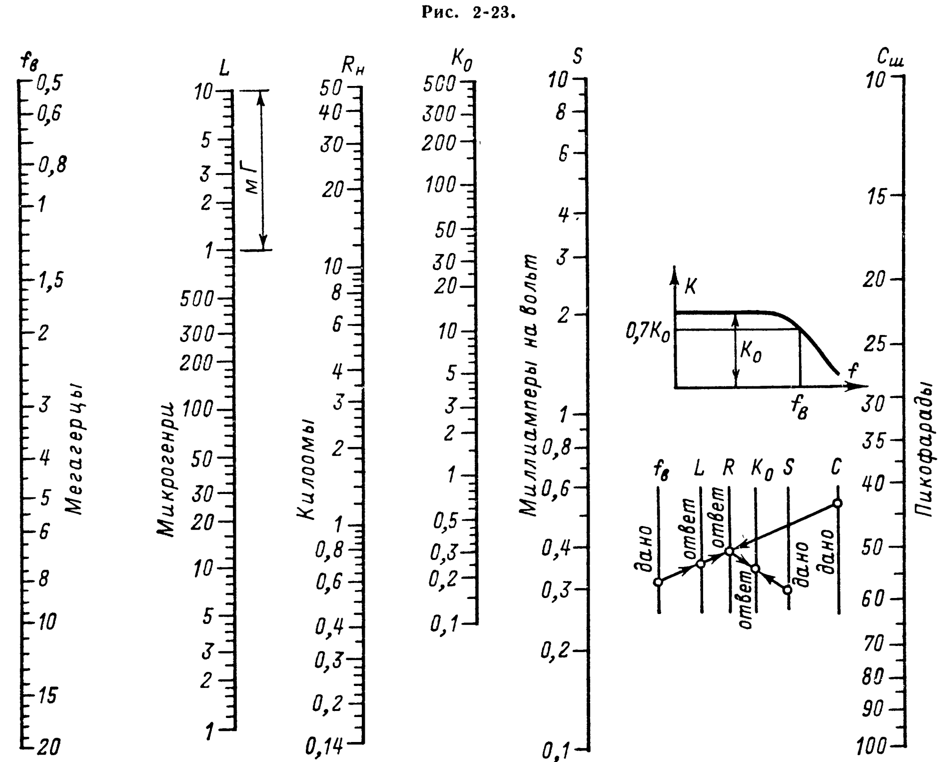


Рис. 2-24.

Схемы УВЧ на транзисторах

В резонансных УВЧ на транзисторах наиболее целесообразно применение каскодных схем (рис. 2-27). Устойчивый коэффициент усиления такой схемы с транзисторами, имеющими высокую граничную частоту, при рациональном выполнении монтажа и соответствующем сопротивлении нагрузки достигает 3 000—5 000, что обеспечивается за счет малой проходной емкости каскада с общей базой ($C_{э.к} \leqslant 0{,}1C_{б.к}$). Наибольшее распространение каскодные схемы УВЧ получили в блоках УКВ.

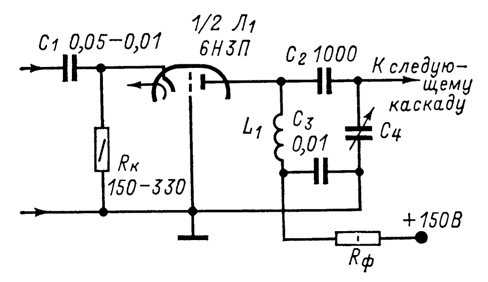


Рис. 2-25.

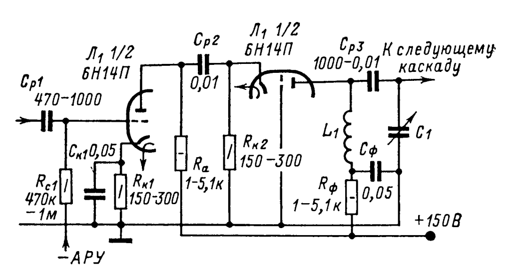


Рис. 2-26.

Широкополосные УВЧ. В большинстве транзисторных приемников прямого усиления, где единственным избирательным элементом является резонансный контур ферритовой антенны, применяют широкополосный (апериодический) УВЧ. Благодаря большой крутизне характеристик современных транзисторов такой усилитель обладает коэффициентом усиления до 150—300; он прост в изготовлении и налаживании.

В схеме, приведенной на рис. 2-28, *а*, напряжение ВЧ с части катушки L_1 антенного контура через разделительный конденсатор C_2 подводится к базе транзистора T_1, в коллекторную цепь которого включен нагрузочный резистор R_2; усиленный сигнал через конденсатор C_3 подается на детекторный каскад по схеме удвоения напряжения на диодах $Д_1$ и $Д_2$. Эту схему следует применять при напряжении питания на коллекторе 6—9 В. В этом случае сопротивление резистора нагрузки может быть относительно большим (3,9—6,8 кОм). При малых уровнях сигнала коэффициент усиления такого усилителя определяется только сопротивлением резистора R_2, так как в этом случае входное сопротивление детекторного каскада велико (20—30 кОм) и практически не шунтирует этот резистор. При больших уровнях сигнала входное сопротивление детекторного каскада уменьшается до 1—2 кОм и транзистор работает практически только на входное сопротивление детектора.

Коэффициент усиления схемы на рис. 2-28,*а* лежит в пределах 30—150 (зависит от частоты, типа транзистора и величины усиливаемого сигнала). Температурная стабилизация режима осуществляется резистором R_1, включенным между коллектором и базой транзистора, благодаря возникающей при этом отрицательной обратной связи по постоянному току.

При низком питающем напряжении применяют схему, показанную на рис. 2-28, *б*. В коллекторную цепь транзистора включен дроссель $Др_1$ с индуктивностью 5—20 мГ (150—300 витков ПЭВ-1, 0,1; намотка внавал на тороидальном сердечнике диаметром 7—10 мм из феррита 1000НН). Благодаря шунтирующему действию резистора R_4 дроссель обеспечивает работу каскада в широком диапазоне частот.

В двухкаскадном широкополосном усилителе по схеме на рис. 2-28, *в* первый и второй каскады аналогичны усилителю, показанному на схеме рис. 2-28, *а*. Усилитель прост в изготовлении и налаживании, имеет коэффициент усиления 400—1 000, обеспечивает хорошую работу детектора даже при приеме относительно слабых сигналов. Применение трансформаторов $Тр_1$ и $Тр_2$ (рис. 2-28,*г*) позволяет получить лучшие, чем в предыдущей схеме, условия согласования выхода транзистора T_1 с входом транзистора T_2 и выхода T_2 с входным сопротивлением детекторного каскада, а следовательно, большее усиление на каскад. (Число витков обмоток трансформаторов 150 и 75 соответственно, провод ПЭВ-1,0,1; сердечник ⌀ 7 мм, 1000НН).

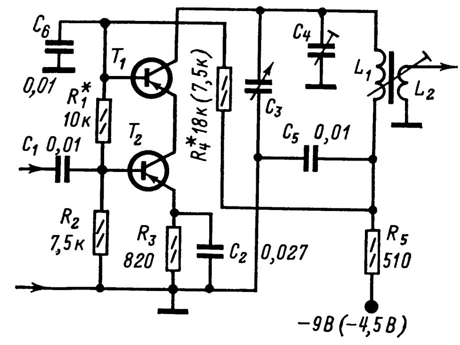


Рис. 2-27.

Схема широкополосного УВЧ супергетеродинного приемника изображена на рис. 2-29. Для нормальной работы преобразователя частоты с совмещенным гетеродином на транзисторе T_2 сопротивление резистора R_4 в коллекторной цепи транзистора T_1 УВЧ должно быть не более 500 Ом. При приме-

нении высокочастотного транзистора коэффициент усиления такого каскада в диапазоне СВ составляет 10—15.

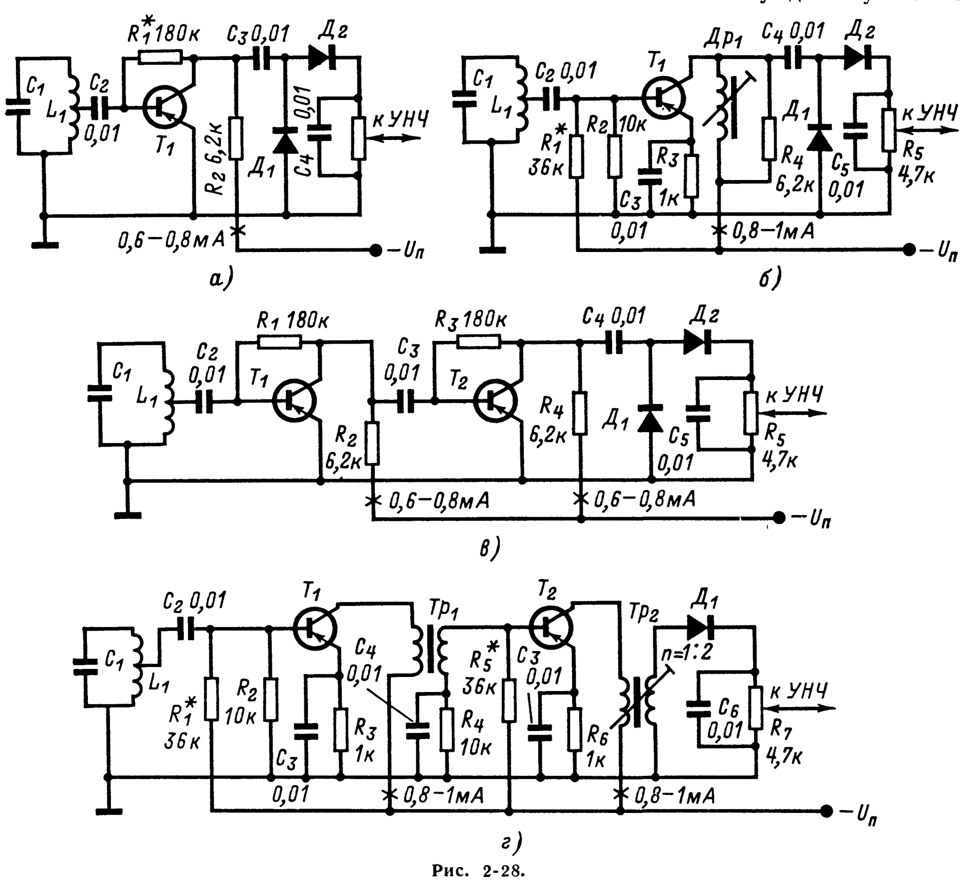


Рис. 2-28.

В двухкаскадном УВЧ по схеме на рис. 2-30 резистор нагрузки первого каскада R_3 включен в коллекторную цепь со стороны эмиттера транзистора, напряжение на нагрузке этого каскада совпадает по фазе

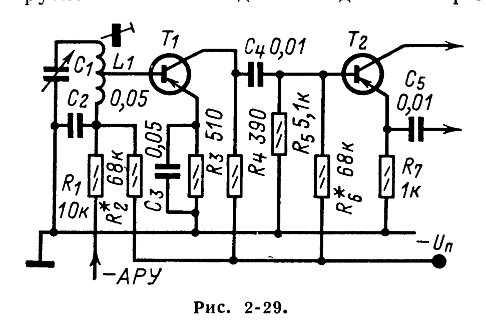


Рис. 2-29.

с входным напряжением. Благодаря этому напряжение с выхода второго каскада на вход первого, например, из-за паразитной связи между первым и последним контурами, попадает в противофазе. Это равноценно отрицательной обратной связи, увеличивающей стабильность усилителя. При плохо выполненном монтаже в такой схеме вместо возникновения самовозбуждения уменьшается усиление. При непосредственной связи базы второго транзистора с эмиттером первого оба каскада охватываются АРУ при подведении напряжения АРУ только к базе первого каскада. Схема УВЧ на транзисторах разной структуры (рис. 2-31) обладает такими же достоинствами. В этой схеме особенно удобно то, что на ее выходе не нужен разделительный трансформатор для осуществления системы АРУ (как, например, в схемах на рис. 2-28, г и 2-30).

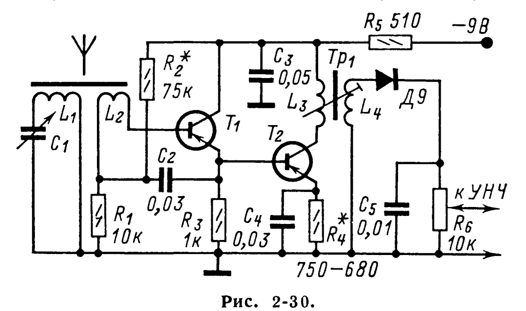


Рис. 2-30.

В схемах на рис. 2-27—2-30 сопротивления резисторов соответствуют напряжениям питания 4,5—12 В, за исключением сопротивлений резисторов в цепях делителей напряжения смещения на базу, которые подбираются

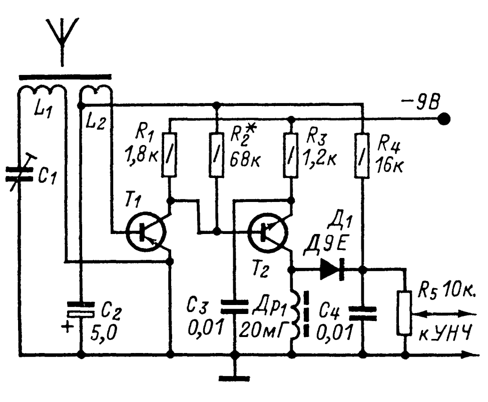


Рис. 2-31.

при регулировке по указанным на схемах пределам токов коллекторов соответствующих транзисторов. В УВЧ могут быть применены высокочастотные транзисторы любого типа.

Усилитель высокой частоты на полевом транзисторе (рис. 2-32). Затвор полевого транзистора T_1 соединен с контуром L_1C_2 без согласующих отводов от катушки L_1 благодаря высокому входному сопротивлению транзистора. При использовании в качестве T_1 низкочастотного полевого транзистора указанного типа, область применения УВЧ, выполненного по схеме на рис. 2-32, ограничивается диапазоном 0,15—1,6 МГц. С целью уменьшения проходной емкости (внутренней обратной связи) полевой транзистор включен по схеме с общим стоком. Второй каскад усилителя может быть выполнен на высокочастотном транзисторе T_2 любого типа, структуры *р-п-р*. В правой части схемы показан детектор сигнала по схеме с удвоенным напряжением, от которого через резистор R_2 подается напряжение АРУ на затвор транзистора T_1.

2-5. ПРЕОБРАЗОВАНИЕ ЧАСТОТЫ

Общие сведения

Преобразователь частоты супергетеродинного приемника состоит из нелинейного элемента, на выходе которого включен частотный фильтр, и гетеродина. Напряжение сигнала, подводимого к преобразователю, обычно значительно меньше напряжения гетеродина. Поэтому нелинейность характеристики преобразователя почти не проявляется по отношению к сигналу. В преобразователях частоты используют транзисторы, в ламповых сетевых приемниках в диапазонах ДВ, СВ и КВ — многосеточные лампы и в диапазоне УКВ триоды и пентоды.

Преобразователь с отдельным гетеродином имеет следующие достоинства: каждый из примененных в нем электронных приборов (лампа, транзистор) может работать в оптимальном режиме, связь между входным контуром и контуром гетеродина слабая, меньше побочных каналов приема, высокая стабильность частоты гетеродина.

Преобразователь с совмещенным гетеродином (функции преобразователя и гетеродина выполняет один и тот же электронный прибор) содержит меньше деталей и более прост в налаживании (особенно в отсутствие измерительных приборов), так как при обеспечении режима самовозбуждения автоматически устанавливается в режим, близкий к оптимальному для преобразования частоты. К недостаткам таких преобразователей относятся бóльшая, чем в случае отдельного гетеродина, взаимозависимость настроек контуров, меньшая стабильность частоты гетеродина и больший уровень проникания его колебаний в антенну (в отсутствие УВЧ).

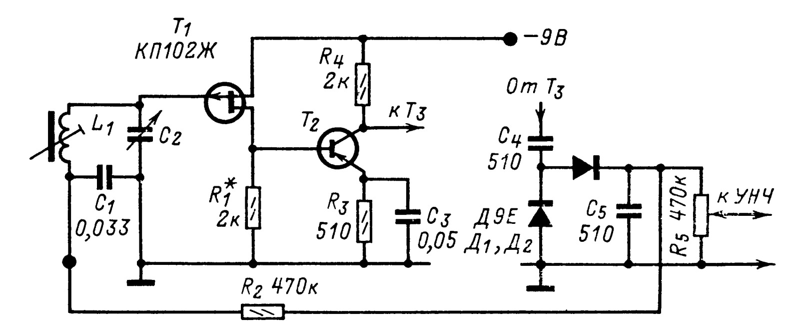


Рис. 2-32.

Усиление сигнала при преобразовании зависит от крутизны проходной характеристики транзистора (лампы) в режиме преобразования — *крутизны преобразования* $S_{пр}$. Оптимальный режим преобразования по первой гармонике гетеродина получается при угле отсечки выходного тока транзистора (лампы), равном 90°; при этом $S_{пр} \approx 0{,}25 S_{макс}$.

Значение $S_{пр}$ зависит от амплитуды напряжения гетеродина и крутизны проходной характеристики транзистора (лампы)

в рабочей точке, определяемой величиной постоянной составляющей тока в его выходной цепи (анодного или коллекторного). При расчете преобразователей с электронными лампами, имеющими ярко выраженный максимум крутизны проходной характеристики, за максимальное ее значение $S_{макс}$ принимают значение, приводимое в § 10-1.

На частоте $f < 0{,}1 f_т$ крутизну преобразования транзистора можно ориентировочно считать равной 0,75—0,8 крутизны его переходной характеристики в режиме усиления при таком же токе коллектора. При этом входное сопротивление транзисторного преобразователя частоты

$$R_{вх.пр} \approx 1{,}2 h_{21э} h_{11б}.$$

Близкий к оптимальному режим преобразования при совмещенном гетеродине, или режим, обеспечивающий нормальную работу отдельного гетеродина, определяется выбором величины обратной связи. Для этого выходная цепь транзистора (лампы) должна быть согласована с резонансным сопротивлением контура гетеродина на низшей частоте каждого из поддиапазонов приемника

$$p_г = \sqrt{\frac{1}{R_{oe} S_{пр}}},$$

где $p_г$ — коэффициент включения контура гетеродина в выходную цепь транзистора (лампы); R_{oe} — эквивалентное резонансное сопротивление контура гетеродина на низшей частоте диапазона.

Для гетеродина транзисторного преобразователя коэффициент включения базовой цепи в контур гетеродина составляет:

$$p_б = (2 \div 2{,}5)\, p_г.$$

Максимальный коэффициент усиления преобразователя ограничивается возможностью возникновения самовозбуждения на частотах, близких к промежуточной. Во избежание самовозбуждения при использовании фильтра ПЧ с большим резонансным сопротивлением коэффициент включения транзистора (лампы) преобразователя в выходной контур должен быть равен:

$$p_г \leqslant \sqrt{\frac{K_{макс}}{S_{пр} R_{oe}}},$$

где $K_{макс}$ — коэффициент устойчивого усиления преобразовательного каскада в режиме усиления ПЧ при наличии колебаний гетеродина.

Для предотвращения сверхрегенерации, которая часто возникает в диапазонах КВ и УКВ, емкость разделительного конденсатора в пикофарадах в цепи эмиттера (катода) должна удовлетворять условию

$$C < \frac{53 I_э Q_э}{U_г f_{макс}} \cdot 10^3,$$

где $I_э$ — ток эмиттера (катода), мА; $U_г$ — действующее значение напряжения частоты гетеродина на эмиттере (катоде), мВ; $f_{макс}$ — максимальная частота гетеродина, МГц; $Q_э$ — эквивалентная добротность контура гетеродина на этой частоте. При включении в цепь эмиттера транзистора, работающего в гетеродине, резистора сопротивлением R крутизна характеристики уменьшается в $1 + S_{р.т} R$ раз ($S_{р.т}$ — значение крутизны в рабочей точке); поэтому изменением сопротивления этого резистора можно в широких пределах изменять режим транзистора по переменному току. Это позволяет, не изменяя точки подключения к катушке контура гетеродина, установить оптимальный режим его работы.

Преобразователи частоты на электронных лампах

В промышленных и радиолюбительских приемниках применяют в диапазонах КВ, СВ и ДВ преобразователь частоты на подогревном триод-гептоде (рис. 2-33). В диапазоне УКВ распространены преобразователи с совмещенным гетеродином на триоде. В таких преобразователях применяется мостовая схема, состоящая из входной емкости лампы, двух половин катушки L_3 и конденсатора C_6

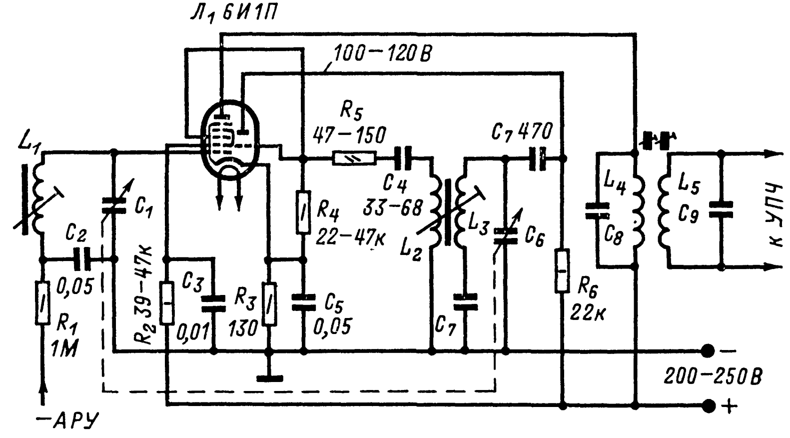


Рис. 2-33.

(рис. 2-34). Включение контура L_1C_1, настроенного на частоту принимаемого сигнала, в диагональ моста препятствует появлению на нем напряжения с частотой гетеродина.

Хорошая работа преобразователей по схемам на рис. 2-35 обеспечивается при использовании в них транзисторов с граничными частотами $f_т$, превышающими высшую

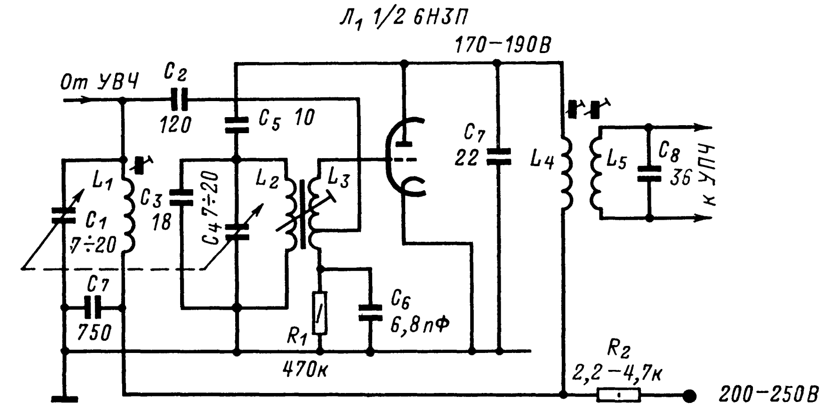


Рис. 2-34.

Схемы транзисторных преобразователей частоты с совмещенным гетеродином

В схеме преобразователя частоты на рис. 2-35, *а* транзистор включен по схеме ОЭ. Напряжение сигнала и напряжение обратной связи подаются на его базу. Для этого катушка связи с входным контуром L_2 включена последовательно с частью витков катушки L_4 контура гетеродина. Связь с входным контуром должна быть трансформаторной.

частоту принимаемых сигналов не менее чем в 10 раз.

Контур C_8L_5 в схемах на рис. 2-35, *а* и *б*, включенный в коллекторную цепь последовательно с катушкой обратной связи гетеродина L_3, представляет для частот гетеродина относительно небольшое сопротивление и практически не влияет на нормальную работу гетеродина. Однако возникающее на нем напряжение ПЧ модулирует напряжение частоты гетеродина частотами, крат-

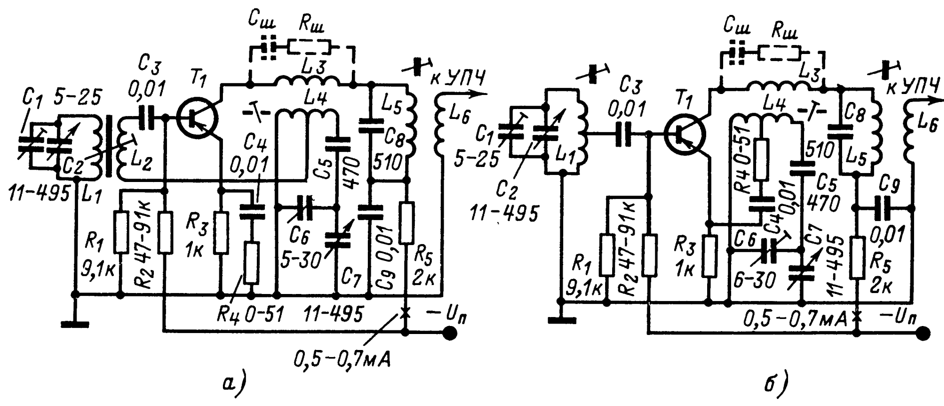


Рис. 2-35.

В преобразователе по схеме на рис. 2-35, *б* для входного сигнала транзистор включен по схеме ОЭ, а в гетеродине по схеме ОБ. Напряжение сигнала с части витков катушки входного контура L_1 подводится к базе транзистора через разделительный конденсатор C_3. Для частоты входного сигнала эмиттер практически заземлен, так как сопротивление части контура гетеродина на этой частоте мало. Вместе с тем для токов частоты гетеродина часть входного контура L_1C_1 представляет собой малое сопротивление, т. е. для этих токов заземлена база.

ными ПЧ. Эти комбинационные частоты совместно с гармониками гетеродина создают интерференционные свисты при приеме радиостанций на всех диапазонах тем в большей степени, чем хуже подобран режим работы преобразователя.

Для постоянства напряжения гетеродина по диапазону и предотвращения релаксационных колебаний из-за большой обратной связи на высокочастотном конце диапазона иногда в схему вводят показанные штриховыми линиями резистор $R_ш$ и конденсатор $C_ш$. Обычно сопротивление $R_ш$

выбирают равным 3—6 кОм, а емкость $C_{ш} = 10 \div 25$ пФ.

Резисторы R_4 в схемах на рис. 2-35 служат для подавления генерации на частотах, близких к промежуточной частоте или кратных ей. Сопротивление этих резисторов обычно составляет 10—51 Ом, оптимальное значение подбирают при налаживании приемника.

Каскодный преобразователь частоты с индуктивной обратной связью в гетеродине (рис. 2-36). Каскад на транзисторе T_1, усиливающий сигнал, поступающий с входного контура, нагружен на малое входное сопротивление транзистора T_2 (30—50 Ом), работающего в преобразователе частоты по схеме ОБ. Включение параллельно его нагрузке высокоомной цепи обратной связи практически не влияет на усиление транзистора T_1, а относительно высокое выходное сопротивление его не сказывается на работе гетеродина, выполненного на транзисторе T_2.

Гетеродин в схеме на рис. 2-36 может генерировать колебания с частотами, в 2—3 раза превышающими граничную частоту транзистора T_2.

Выходное сопротивление преобразователя по схеме на рис. 2-36 400—500 кОм, что позволяет включить в цепь коллектора транзистора T_2 контур с большим эквивалентным сопротивлением на резонансной частоте без согласующих отводов.

Вследствие слабой связи между входной цепью транзистора T_1 и выходной цепью транзистора T_2, преобразователь устойчиво работает и на частотах, близких к промежуточной, а применение каскада усиления перед преобразователем частоты несколько снижает шумы, уровень комбинационных частот и проникновение частоты гетеродина во входные цепи приемника.

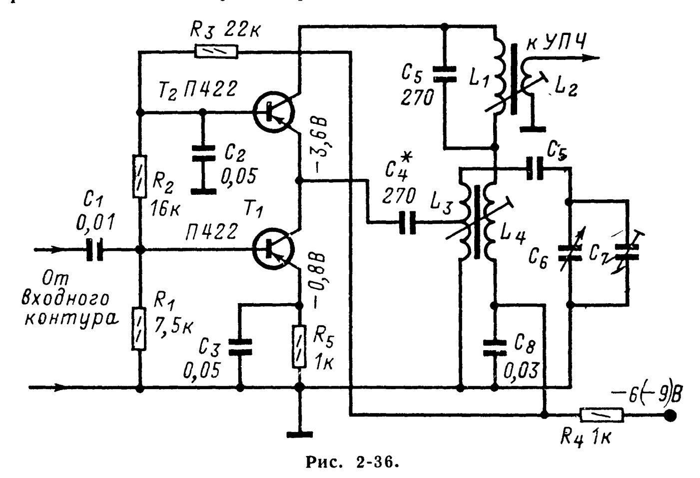


Рис. 2-36.

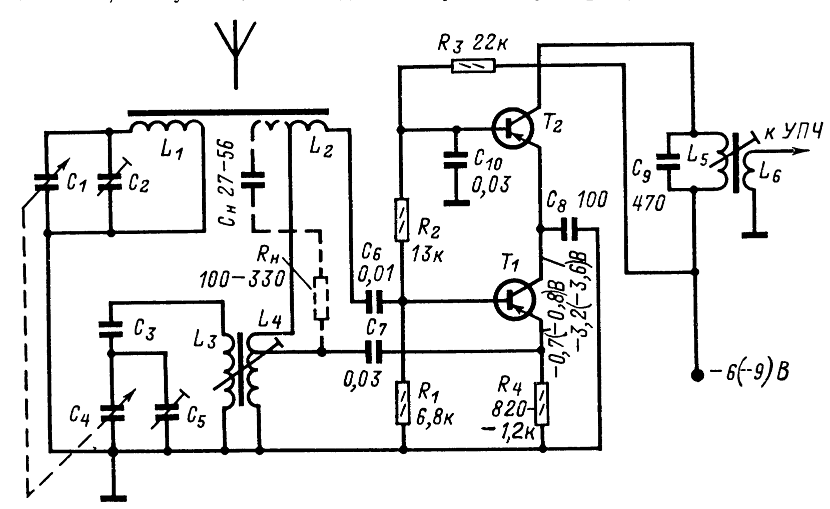


Рис. 2-37.

Каскодный преобразователь (рис. 2-37). В этой схеме транзистор T_1 используется для преобразования частоты, причем для вход-

ного сигнала он включен по схеме ОЭ, а в гетеродине — по схеме ОК. На транзисторе T_2,

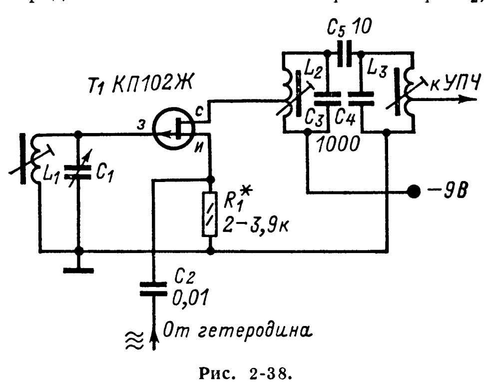


Рис. 2-38.

который включен по схеме ОБ, выполнен каскад УПЧ. В отличие от предыдущей схемы ток гетеродина здесь не протекает через приеме радиостанций. Конденсатор C_8 емкостью 100 пФ представляет для промежуточной частоты сопротивление около 600 Ом и практически не шунтирует входное сопротивление транзистора T_2.

Преобразователь частоты, выполненный по схеме на рис. 2-37, хорошо работает на частотах до 15—20 МГц при применении транзистора с граничной частотой не менее 60 МГц. Указанные штриховой линией $C_н$, $R_н$ и часть витков катушки L_2 входят в схему моста, исключающую связь между контурами $L_1C_1C_2$ и $L_3C_4C_5$, только в диапазоне КВ.

Преобразователи на полевых транзисторах. Полевые транзисторы обладают высоким входным сопротивлением, а форма характеристики зависимости тока стока от напряжения на затворе приближается к параболической, обеспечивая тем самым неискаженный прием при наличии сильных помех на входе приемника. Низкочастотные полевые транзисторы КП102 могут применяться в преобразователях частоты до частот порядка 1,5 МГц.

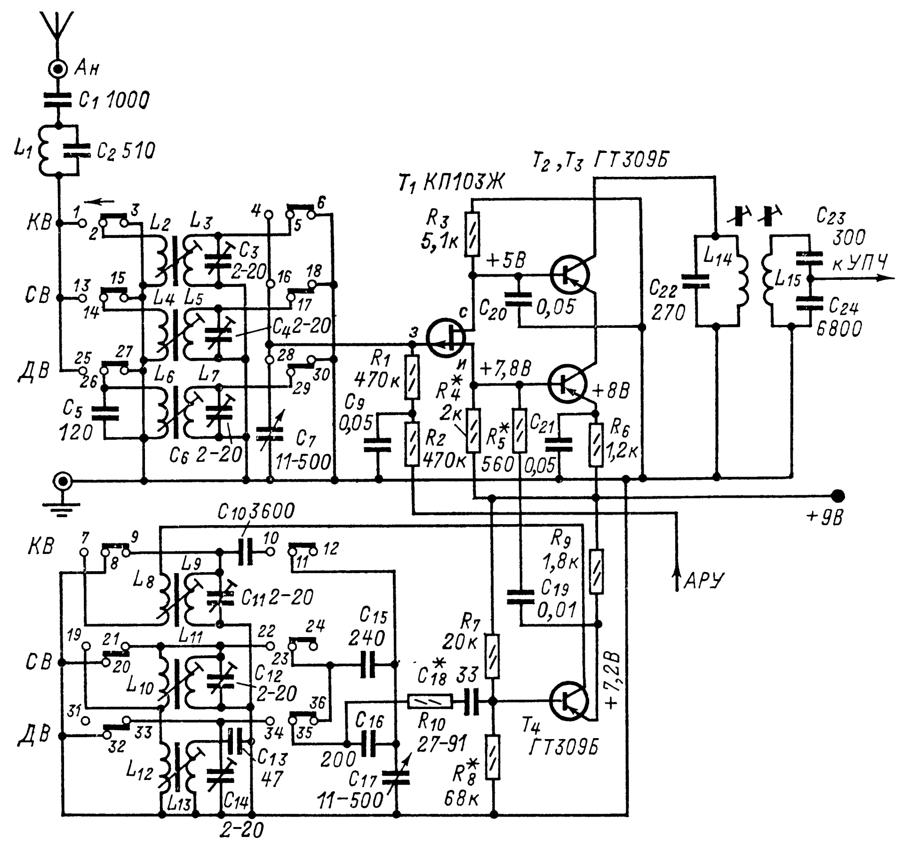


Рис. 2-39.

контур ПЧ, а замыкается через конденсатор C_8 и входную емкость транзистора T_2. Благодаря этому значительно уменьшается модуляция напряжения гетеродина сигналом ПЧ и его гармониками, а следовательно, уменьшаются и интерференционные свисты при

В схеме на рис. 2-38 напряжение частоты гетеродина вводится в цепь истока транзистора, и наилучший режим преобразователя достигается подбором сопротивления резистора R_1. Оптимальное напряжение гетеродина 0,3—1,5 В.

Применение полевых транзисторов совместно с обычными позволяет совместить их достоинство (высокое входное сопротивление) с достоинствами обычных транзисторов — высокой крутизной переходной характеристики. Использование таких схем особенно целесообразно при переделке ламповых приемников на транзисторные. С этой целью может быть использована схема на рис. 2-39. Здесь в каскаде УВЧ работает транзистор T_1, включенный по схеме с общим истоком. Сравнительно невысокий коэффициент передачи напряжения компенсируется полным подключением цепи затвора к входному контуру и высоким коэффициентом усиления каскодного преобразователя частоты на транзисторах T_2 и T_3. Напряжение АРУ подводится к затвору транзистора T_1 через фильтр R_2C_9 от детектора, который в этом случае может быть выполнен с высокоомной нагрузкой (0,2—0,6 МОм). При использовании контуров лампового приемника, чтобы не изменять чисел витков катушек обратной связи, между эмиттером транзистора гетеродина T_4 и базой транзистора T_2 включен резистор R_5, который, незначительно снижая напряжение гетеродина на базе транзистора T_2, существенно уменьшает крутизну характеристики транзистора гетеродина, приближая ее к крутизне характеристики лампы. Подбором сопротивления резистора R_5 получают хорошую форму генерируемых колебаний. Включение резистора R_5 уменьшает также входную емкость транзистора гетеродина, что позволяет подсоединить базу T_4 ко всему контуру, не усложняя коммутации гетеродинных контуров.

Преобразователь частоты с гетеродином на отдельном транзисторе

На частотах диапазона КВ в приемнике, где в смесителе и гетеродине используется один и тот же транзистор, наблюдается сильное взаимовлияние настроек входного и гетеродинного контуров. Поэтому в преобразователях частоты радиовещательных супергетеродинных приемников на диапазонах КВ, СВ и ДВ обычно применяют по два высокочастотных транзистора, один из которых работает в смесителе, а другой в гетеродине. При этом достигается достаточно высокий коэффициент преобразования и устойчивая работа приемника на всех частотах. Одна из простых подобных схем преобразователя частоты приведена на рис. 2-40.

Смеситель. Сигнал с отвода катушки входного контура приемника L_1C_1 поступает через конденсатор C_2 в цепь базы транзистора-смесителя T_1, а получаемый на его выходе сигнал ПЧ через трансформатор, образованный связанными катушками L_4 и L_5, и далее через фильтр основной селекции (на схеме не показан) направляется в УПЧ для дальнейшего усиления. Питается смеситель через развязывающий фильтр R_7C_{10}.

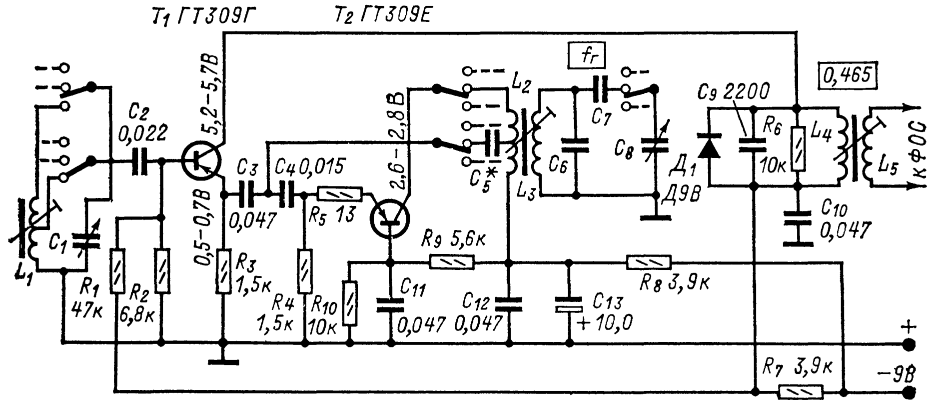


Рис. 2-40.

Гетеродин выполнен на транзисторе T_2 по схеме ОБ. Колебательный контур гетеродина $L_3C_6C_7C_8$ связан с коллекторной цепью транзистора T_2 индуктивно. Оптимальный режим работы гетеродина определяется положением отвода катушки L_2 и емкостью конденсаторов C_4 и C_5.

Напряжение от гетеродина поступает в цепь эмиттера транзистора-смесителя через конденсатор C_3. Гетеродин питается через развязывающий фильтр $R_8C_{12}C_{13}$. На схеме показаны катушки индуктивности, относящиеся только к одному диапазону, и контакты переключателя диапазонов.

Расчет сопряжения контуров супергетеродинного приемника

После определения параметров элементов входного контура и других контуров приемника, настраиваемых на принимаемые диапазоны частот, производят расчет сопряжения контуров в следующем порядке.

1. Вычисляют отношение $f_{пр}/f_{ср}$, где $f_{пр}$ — промежуточная частота; $f_{ср}=0{,}5(f_{макс}+f_{мин})$, где $f_{ср}$, $f_{макс}$ и $f_{мин}$ — средняя, максимальная и минимальные частоты данного диапазона соответственно, и по графику на рис. 2-41, *а* определяют емкость последовательного конденсатора $C_{посл}$ контура гетеродина.

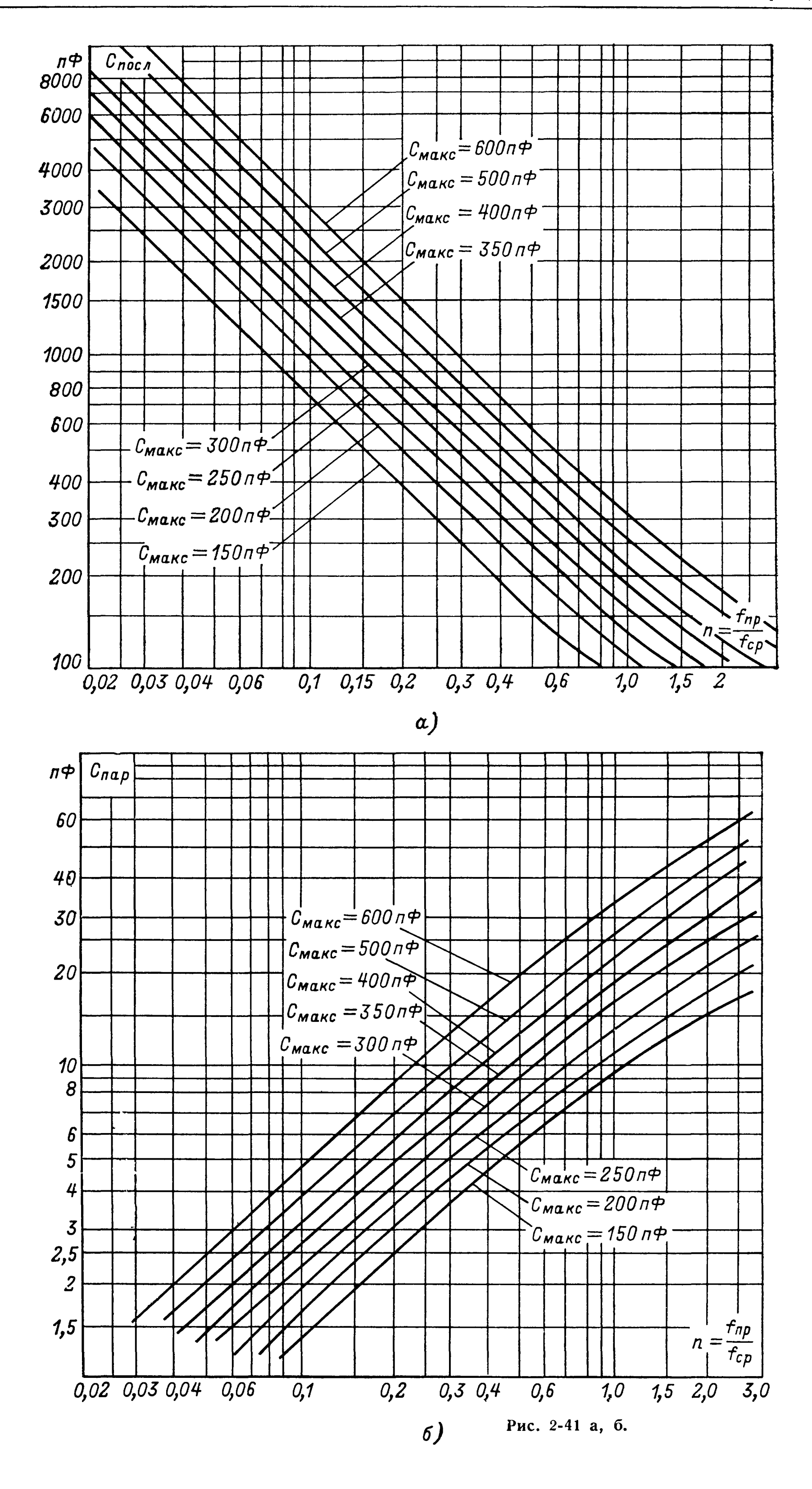

пФ
$C_{посл}$
8000
6000
4000
3000
2000
1500
1000
800
600
400
300
200
100
$C_{макс}$ = 600 пФ
$C_{макс}$ = 500 пФ
$C_{макс}$ = 400 пФ
$C_{макс}$ = 350 пФ
$C_{макс}$ = 300 пФ
$C_{макс}$ = 250 пФ
$C_{макс}$ = 200 пФ
$C_{макс}$ = 150 пФ
$n = \frac{f_{пр}}{f_{ср}}$
0,02 0,03 0,04 0,06 0,1 0,15 0,2 0,3 0,4 0,6 1,0 1,5 2
а)
пФ
$C_{пар}$
60
40
30
20
10
8
6
5
4
3
2,5
2
1,5
$C_{макс}$ = 600 пФ
$C_{макс}$ = 500 пФ
$C_{макс}$ = 400 пФ
$C_{макс}$ = 350 пФ
$C_{макс}$ = 300 пФ
$C_{макс}$ = 250 пФ
$C_{макс}$ = 200 пФ
$C_{макс}$ = 150 пФ
$n = \frac{f_{пр}}{f_{ср}}$
0,02 0,03 0,04 0,06 0,1 0,2 0,3 0,4 0,6 1,0 1,5 2,0 3,0
б)

Рис. 2-41 а, б.

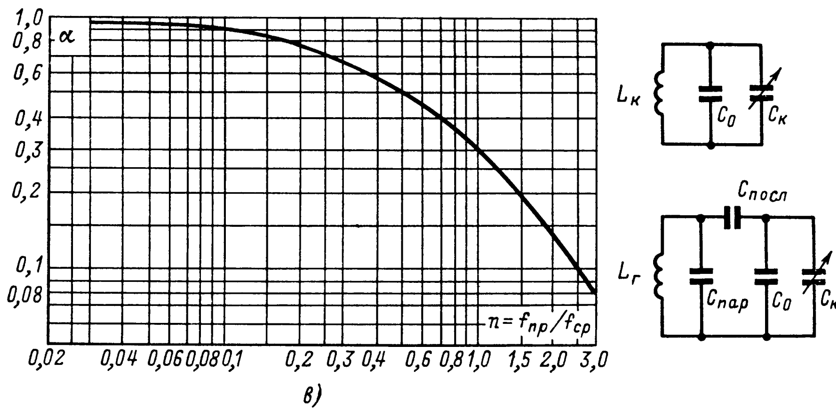


Рис. 2-41 в.

2. По графику на рис. 2-41, *б* находят емкость параллельного сопрягающего конденсатора $C_{пар}$.

3. По графику на рис. 2-41, *в* определяют коэффициент α, выражающий отношение индуктивности катушки контура гетеродина к индуктивности входного контура и вычисляют индуктивность контура гетеродина.

Конструктивный расчет катушек контура гетеродина можно выполнить, пользуясь формулами и графиками из § 1-1.

2-6. БЛОКИ УКВ

Транзисторные блоки УКВ

Транзистор T_1, включенный по схеме ОБ (рис. 2-42), работает в каскаде усиления ВЧ. На входе этого каскада имеется широкополосный симметрирующий трансформатор L_1L_2, намотанный в два провода на сердечнике ⌀ 2,8 мм из феррита марки В50НН (2 × 4 витка). В коллекторную цепь транзистора T_1 включен перестраиваемый контур $L_3Д_1C_4C_{16}$, связанный со входом преобразователя частоты с совмещенным гетеродином, выполненного на транзисторе T_2, который также включен по схеме ОБ. Настройка контура гетеродина $L_5C_9Д_2C_{10}C_{17}$ осуществляется изменением управляющего напряжения на варикапе $Д_2$ в пределах 3—10 В, которое поступает от потенциометра настройки и с частотного детектора приемника (см. стр. 63).

Контур L_4C_6 настроен на промежуточную частоту, так же как и двухконтурный фильтр L_6C_{11}, $L_7L_8C_{12}C_{13}$. Сопряжение ВЧ контуров осуществляется изменением расстояния между витками катушек L_3 и L_5 и подбором емкостей конденсаторов C_{16} и C_{17}. Данные катушек: L_3 и L_5 по 6 витков 0,8 мм, L_7 и L_6 по 27 витков провода диаметром 0,12 мм на каркасах диаметром 6 мм.

При применении блока УКВ в приемнике с использованием принципа обратной

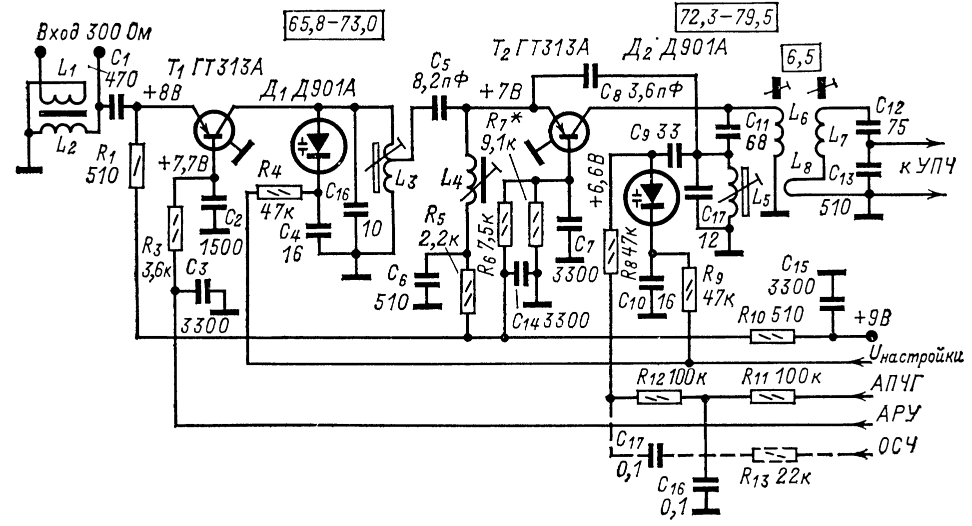


Рис. 2-42.

связи по частоте напряжение НЧ подводится к диоду $Д_2$ через резистор R_{13} и конденсатор C_{17} с потенциометра, включенного параллельно выходу частотного детектора.

Щетки потенциометров, применяемых для настройки блоков УКВ, должны иметь хороший контакт и не изменять положения от воздействия толчков и тряски при переноске

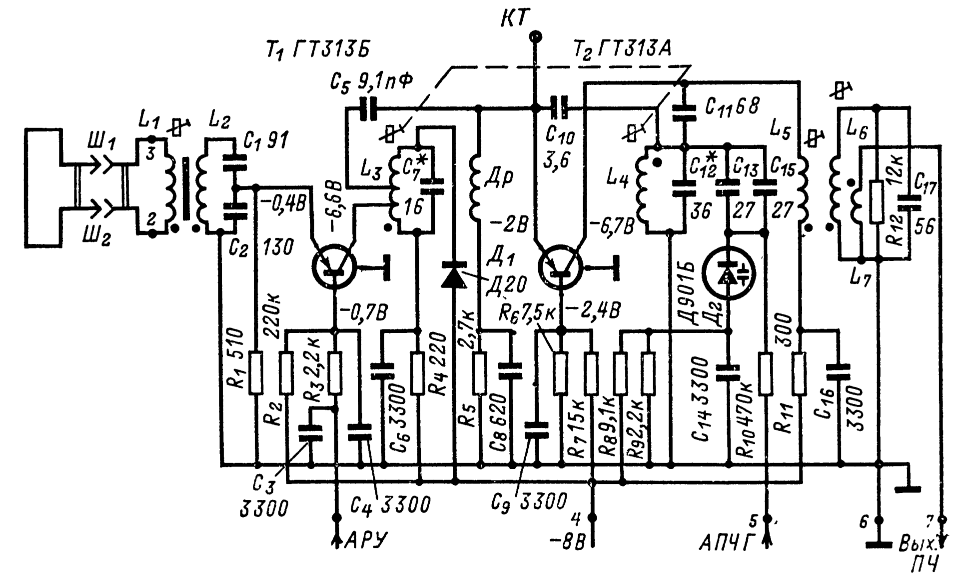


Рис. 2-43.

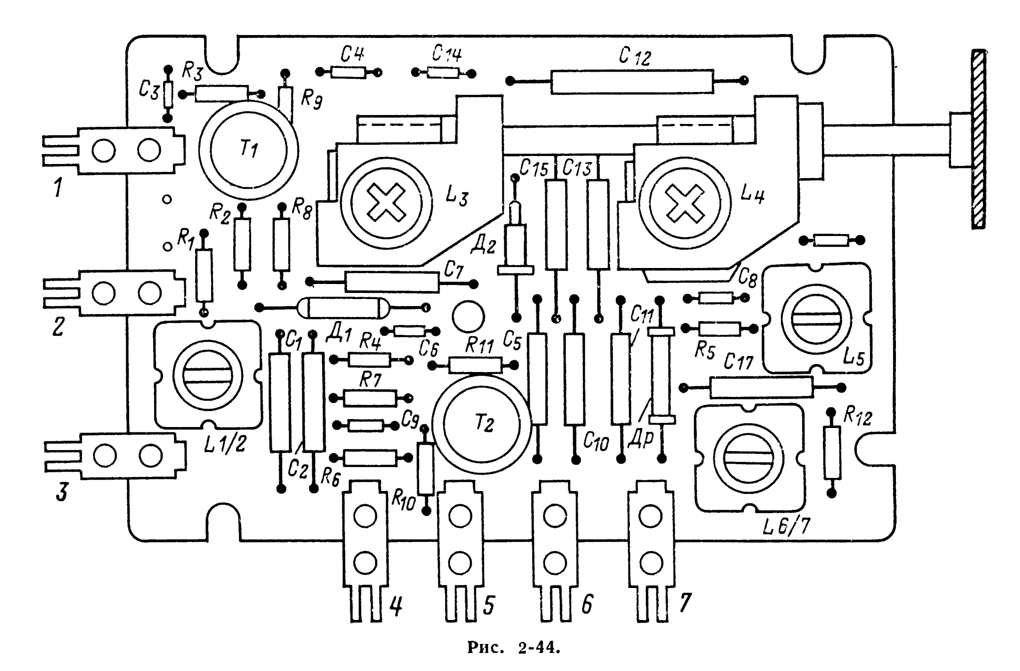


Рис. 2-44.

Для предотвращения перегрузки преобразовательного каскада сигналами с большим уровнем на базу транзистора T_1 подают напряжение АРУ. При отсутствии АРУ напряжение на базу транзистора T_1 подается с делителя, состоящего из двух резисторов с сопротивлениями 3,6 и 6,8 кОм.

приемника. Напряжение питания блока УКВ и напряжение, применяемое для настройки, должны быть стабилизированы.

Блоки УКВ приемников «Рига-101-103» изготовляются в двух вариантах: 1) с симметричным 300-омным входом для подключения УКВ диполя (рис. 2-43) и с несимметрич-

ным 75-омным входом — для подключения штыревой антенны. На входе блока имеется резонансный контур $L_2C_1C_2$, сильно нагруженный входным сопротивлением транзистора УВЧ T_1, включенным по схеме ОБ. На выходе преобразователя включен двухконтурный $L_6C_{12}L_8C_{14}$. Контуры его связаны индуктивно витком L_7.

На рис. 2-46 показано расположение основных деталей блока УКВ «Ригонда».

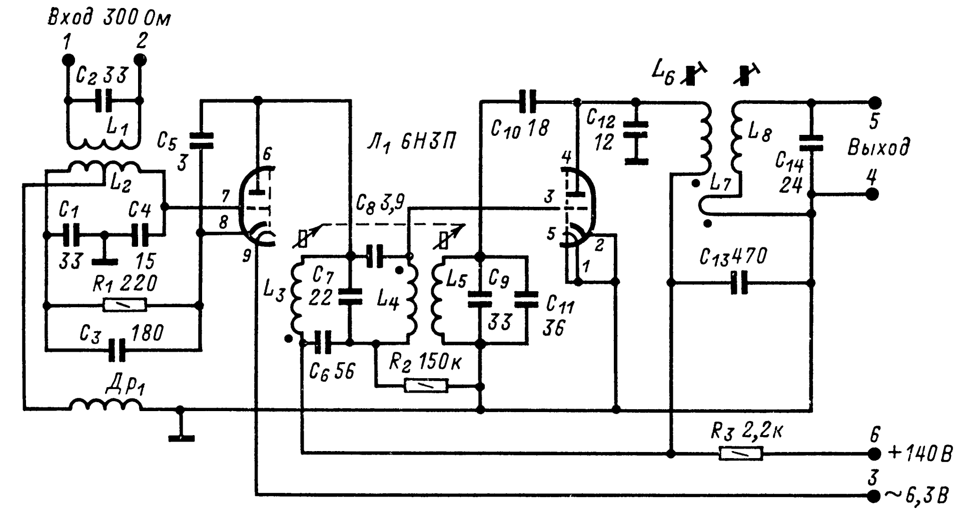


Рис. 2-45.

Этот контур настроен на среднюю частоту диапазона УКВ (около 69 МГц). Контур L_3C_7 в коллекторной цепи УВЧ и контур гетеродина $L_4C_{12}C_{13}C_{14}C_{15}Д_2$ перестраиваются путем перемещения латунных сердечников соответствующих катушек. Варикап $Д_2$ в контуре гетеродина служит для АПЧГ. Обратная связь в гетеродине на транзисторе T_2 — емкостная с помощью конденсатора C_{10}. Дроссель *Др* совместно с конденсатором C_8 (3, 9пФ) образует режекторный фильтр ПЧ. Для уменьшения перегрузки при приеме сильных сигналов параллельно контуру УВЧ включен ограничивающий диод $Д_1$. Расположение деталей на монтажной плате блока показано на рис. 2-44.

Ламповый блок УКВ радиолы «Ригонда»

Симметричный диполь соединен кабелем с широкополосным входным трансформатором блока УКВ, состоящим из катушек L_1 и L_2 (рис. 2-45). Вторичный контур трансформатора настроен на среднюю частоту радиовещательного УКВ диапазона (69 МГц). Левый по схеме триод лампы 6Н3П работает в каскаде УВЧ. В его анодную цепь включен контур $L_3C_6C_7$, настраиваемый на частоту принимаемого сигнала изменением индуктивности катушки с помощью подвижного сердечника. Контур этот индуктивно связан с цепью сетки преобразователя частоты на втором триоде лампы $Л_1$ — 6Н3П. Катушка L_4 является органом обратной связи с контуром $L_5C_9C_{11}$, один из конденсаторов которого должен иметь отрицательный ТКЕ для обеспечения стабильности частоты гетеродина.

С подобным блоком можно сконструировать радиовещательный приемник с диапазоном УКВ, используя в его усилителе промежуточной частоты ФПЧ на 6,5 МГц, применяемые например, в тракте звукового сопровождения телевизора.

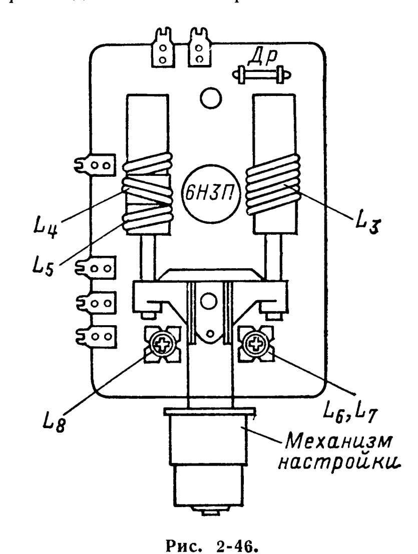


Рис. 2-46.

Для осуществления АПЧГ конденсатор C_9 нужно заменить цепочкой по схеме на рис. 2-47, *а*. При этом перестройка гетеродина осуществляется варикапом Д901, емкость которого зависит от величины поступающего на него управляющего напряжения.

Автоматическая подстройка частоты

Частотный детектор приемника вырабатывает напряжение, пропорциональное расстройке, а знак его соответствует направлению ухода частоты гетеродина. Поэтому отфильтровав это напряжение от НЧ составляющей, его можно подвести к управляющему элементу, подключенному к контуру гетеродина для уменьшения величины ухода частоты гетеродина. В зависимости от величины усиления в системе АПЧГ происходит в большей или меньшей степени компенсация расстройки, остаточная расстройка (обычно незначительная) не сказывается на нормальной работе приемника. Блок УКВ, каскады усиления и частотный детектор приемника могут быть выполнены по схемам, приведенным в предыдущих параграфах, а в качестве управляющего элемента можно использовать варикап, включенный по схеме на рис. 2-47, *а*, или реактивную лампу (рис. 2-47, *б*). Варикап одновременно может служить для электронной перестройки контура гетеродина в необходимом диапазоне частот.

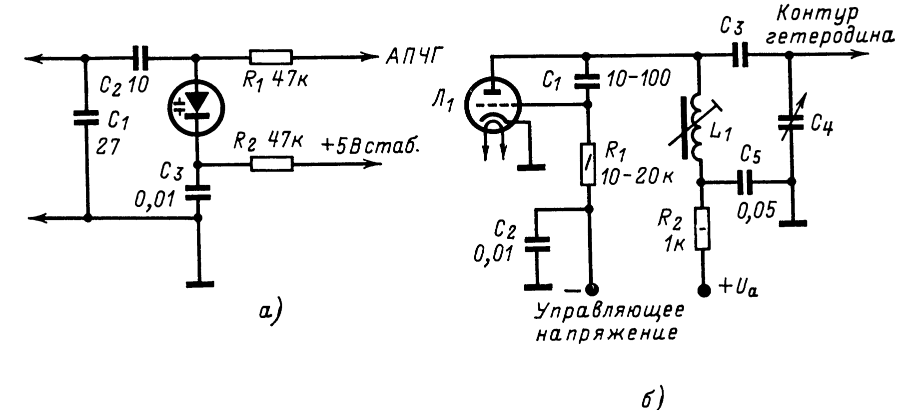


Рис. 2-47.

Для настройки приемника в диапазоне УКВ можно применить кнопочный или клавишный переключатель, через который к варикапам контуров блока УКВ подводится стабилизированное напряжение, необходимое для настройки на ту или иную радиостанцию (рис. 2-48). Величины управляющих напряжений, соответствующих настройке на три станции, устанавливаются потенциометрами R_1—R_3. Напряжение от частотного детектора подводится только к варикапу контура гетеродина. Напряжение АПЧГ в этой схеме должно иметь величину до 7—10 В, чтобы обеспечить малое значение остаточной расстройки. Получение большого управляющего напряжения в приемнике на транзисторах обычно затруднительно, поэтому целесообразно в систему АПЧ ввести усилитель управляющего напряжения. Принципиальная схема такого усилителя с указанием способа питания через стабилизатор напряжения дана на рис. 2-49.

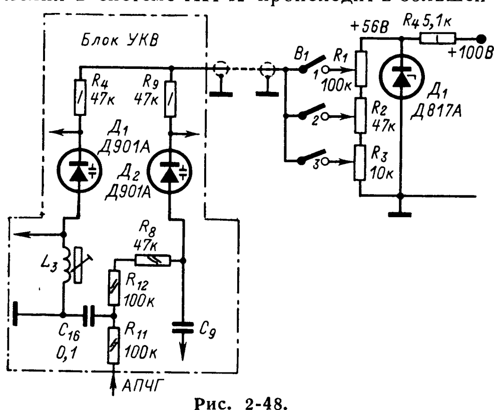


Рис. 2-48.

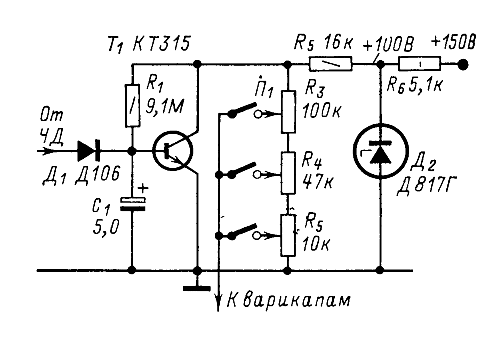


Рис. 2-49.

2-7. УСИЛИТЕЛИ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ ЧАСТОТЫ

Транзисторные УПЧ

Входные сопротивления транзисторов, шунтируя резонансные контуры, уменьшают их добротность, что снижает избирательность приемника. Поэтому требуемую избирательность часто обеспечивают, применяя на вхо-

де УПЧ фильтры основной селекции (ФОС), а необходимое для нормальной работы детекторного каскада усиление получают в широкополосном усилителе. В широкополосных УПЧ можно использовать схемы, приведенные в § 2-4. Однако нужно учитывать, что напряжение гетеродина, попав на вход широкополосного усилителя, может перегрузить его, а при наличии системы АРУ сильно уменьшить его усиление или вызвать релаксационные колебания в системе АРУ—УПЧ. Поэтому необходимо тщательно экранировать вход широкополосного УПЧ от цепей гетеродина.

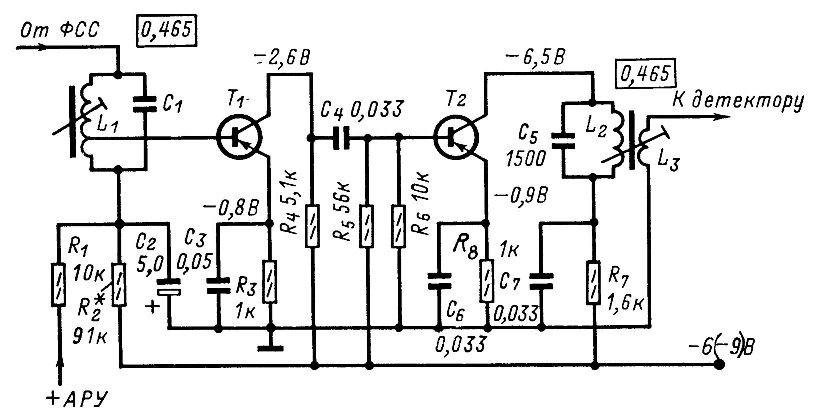


Рис. 2-50.

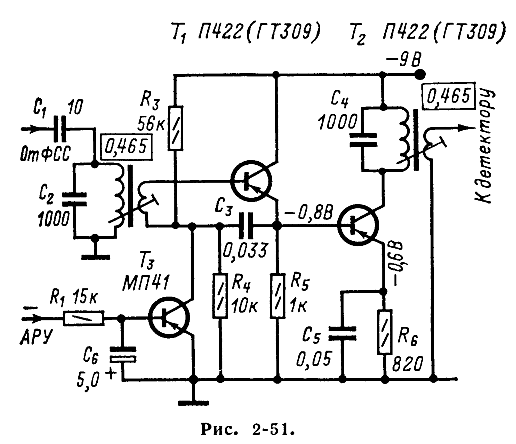


Рис. 2-51.

На рис. 2-50 приведена схема УПЧ, применяемая в промышленных приемниках. Контур L_2C_5 на выходе усилителя сужает полосу пропускания второго каскада до 80—40 кГц. Относительно небольшое нагрузочное сопротивление первого каскада обеспечивает устойчивую работу обоих каскадов при значительных проходных емкостях транзисторов.

Модификация этой схемы, представленная на рис. 2-51 (схема, аналогичная рис. 2-30), обеспечивает высокую устойчивость против самовозбуждения при недостаточно эффективной экранировке транзисторов. Кроме того, в этой схеме значительно эффективнее действие АРУ за счет одновременного уменьшения крутизны характеристики обоих транзисторов и применения УПТ в АРУ на транзисторе T_3.

***LC*-фильтры сосредоточенной селекции.** Их катушки индуктивности размещены в броневых ферритовых сердечниках (табл. 2-2). Последние заключены в индивидуальные экраны. При намотке катушек проводом, скрученным из 3—7 изолированных жил диаметром 0,05—0,07 мм, их добротность на частоте 465 кГц может достигать 150—250

Пьезокерамические многозвенные фильтры (табл. 2-3) обладают малым затуханием в полосе пропускания, а их частотные характеристики имеют крутые скаты. Однако затухание фильтров ПФ1П-М, -2, -3 и ПФ1П-2-1 за пределами полосы пропускания возрастает не монотонно. Вследствие этого необходимо включать перед фильтром резонансный контур, который одновременно служит трансформатором, согласующим выходное сопротивление преобразователя частоты с входным сопротивлением фильтра.

Таблица 2-2

Данные контуров для промежуточной частоты 465 кГц

Тип сердечника	Емкость конденсатора, пФ		
	270	510	1 000
	Число витков катушки		
Броневой карбонильный СБ-12а	145	110	80
Броневой карбонильный СБ-9а	150	115	82
Броневой ферритовый Б-9	130	99	72
Кольцевой из феррита 600НН ⌀ 7 мм, зазор 2 × 0,05 мм	125	89	61

Таблица 2-3

Основные параметры пьезокерамических фильтров со средней частотой полосы пропускания 465 ±2 кГц

Параметры	Тип фильтра						
	ПФ1П-М	ПФ1П-2	ПФ1П-3	ПФ1П-2-1	ПФ1П-4	ПФ1П-4-3	ПФ1П-5-3
Ширина полосы пропускания на уровне — 6 дБ, кГц	7—3,5	8,5—12,5	8,5—12	7—10	7—10	7—10	9—14
Затухание на частотах ±10 кГц, дБ	>46	>40	>28	>16	>24	>34	>26
Неравномерность затухания в полосе пропускания, дБ	<2	<2	<6	<1	<2	<4	<4
Затухание в полосе пропускания, дБ	<8	<8	<9	<3,5	<7	<12	<12
Номинальное входное сопротивление $R_{вх}$, кОм	1,2	1,2	1,5	2,0	2,0	2,0	2,0
Номинальное нагрузочное сопротивление на выходе, кОм	0,6	0,6	1,5	1,0	1,0	1,0	1,0

Показанная на рис. 2-52 характеристика затухания может быть получена при тщательном согласовании пьезокерамического

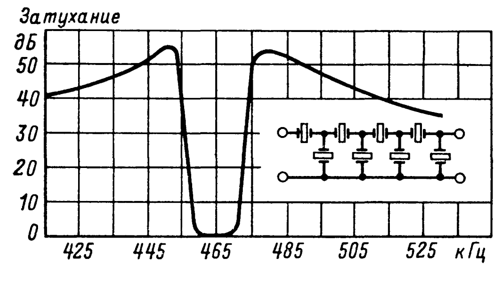


Рис. 2-52.

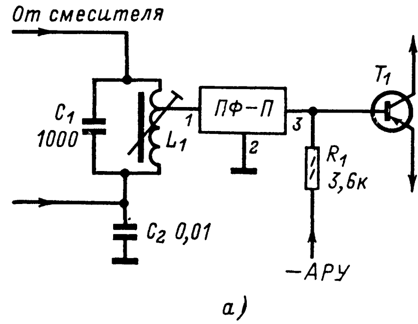
фильтра со стороны входа и выхода, которое осуществляется подбором режима транзистора УПЧ, сопротивления резистора R_1 и места отвода от контурной катушки L_1 (рис. 2-53).

где $R_{вх}$ — входное сопротивление фильтра (табл. 2-3).

Система АРУ при ее работе может вызвать рассогласование фильтра, вследствие чего частотная характеристика фильтра в полосе пропускания может сильно искажаться. Это может создать заметные искажения при приеме радиостанций, создающих большую напряженность поля в месте приема. При применении схем АРУ с шунтирующим транзистором на входе каскада УПЧ (см. рис. 2-83) такие нежелательные явления не наблюдаются.

Затухание пьезомеханических фильтров ПФ1П4-3—ПФ1П5-3 за пределами полосы пропускания монотонно возрастает, но малое входное сопротивление также требует для согласования с преобразователем частоты включения на вход согласующего контура.

Электромеханические фильтры (табл. 2-4) работают без согласующих контуров, имеют несколько меньшие габариты и их характе-



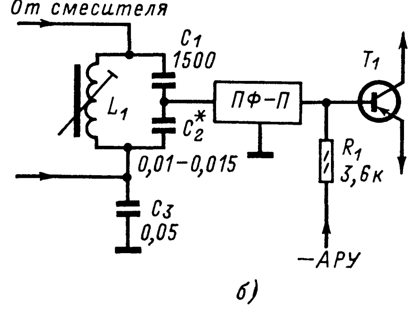


Рис. 2-53.

Коэффициент включения фильтра в контур

$$p=\sqrt{\frac{R_{вх}}{R_{oe}}},$$

ристики (рис. 2-54) практически не искажаются работой системы АРУ. Схема включения фильтра в тракт ПЧ показана на рис. 2-55. Катушки L_1 и L_2 вместе с постоянными магнитами представляют входной и выходной

преобразователи электрических колебаний в механические. Емкости конденсаторов C_1—C_3 должны выбираться в соответствии с данными табл. 2-4 для каждого конкретного типа фильтра.

Таблица 2-4

Основные параметры электромеханических фильтров со средней частотой полосы пропускания 465 ± 1,5 кГц

Параметры	Тип фильтра			
	ЭМПФ-5-465-6	ЭМПФ-5-465-9	ЭМПФ-5-465-13	ЭМПФ-465-7
Ширина полосы на уровне — 3 дБ, кГц	5,6—6,4	8,4—9,6	12,2—13,8	6,5—7,5
Затухание на частоте ±10 кГц не менее, дБ	56	42	26	35
Неравномерность затухания в полосе пропускания не более, дБ	2,5	3,0	3,5	4
Вносимое затухание в полосе пропускания не более, дБ	8,5	7,0	8,0	14
Емкость настройки входного преобразователя, пФ	300	300	300	150
Емкость настройки выходного преобразователя, пФ	1 500	2 200	3 300	40
Номинальное входное сопротивление, кОм	10	10	10	50
Номинальное нагрузочное сопротивление на выходе, кОм	1	1	1	10

ФСС с плавно изменяемой полосой пропускания (рис. 2-56). Для изменения полосы пропускания используется зависимость емкости варикапов связи $Д_2$ и $Д_4$ от величины подводимого напряжения. Варикапы $Д_1$ и

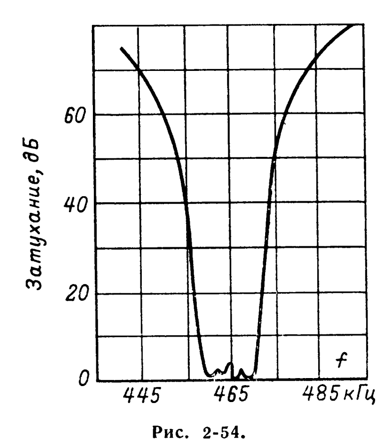


Рис. 2-54.

$Д_3$ служат для компенсации изменения настройки фильтра, емкость их уменьшается при увеличении емкости варикапов связи. Напряжение, управляющее емкостью варикапов, должно быть стабилизировано. Настройка фильтра производится при минимальных емкостях варикапов связи $Д_2$ и $Д_4$ по максимальному напряжению на выходе фильтра или приемника.

Схема УПЧ без ФСС. При использовании в УПЧ транзисторов с малыми проходными емкостями (ГТ322, КТ315 и т. п.) можно получить устойчивое усиление, осуществляя междукаскадные связи с применением резонансных контуров. На рис. 2-57 приведена схема подобного УПЧ без ФСС, применяемая в портативных приемниках заводского производства «Рига-301», «Этюд» и др.

Тракты усиления промежуточной частоты АМ/ЧМ транзисторных приемников обычно также выполняют с резонансными междукаскадными контурами, но учитывая, что проходная емкость транзистора в схеме ОБ примерно в 10 раз

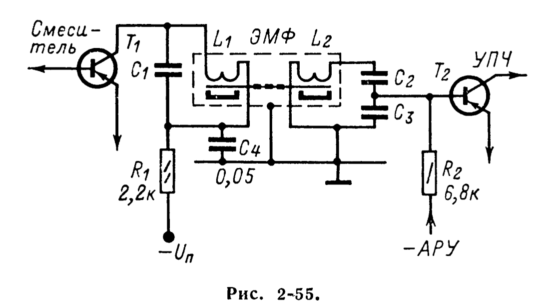


Рис. 2-55.

меньше, чем в схеме ОЭ; при усилении более высокой промежуточной частоты тракта ЧМ транзисторы иногда включают по схеме ОБ. На рис. 2-58 приведена схема УПЧ тракта АМ/ЧМ приемника, в котором оба транзистора включены по схеме ОЭ в тракте АМ и по схеме ОБ в тракте ЧМ.

В УПЧ приемников с диапазоном УКВ целесообразно применять каскодные схемы. Контурные катушки ФПЧ тракта ЧМ обычно выполняют на четырехсекционных каркасах с подстроечными сердечниками из феррита 100НН.

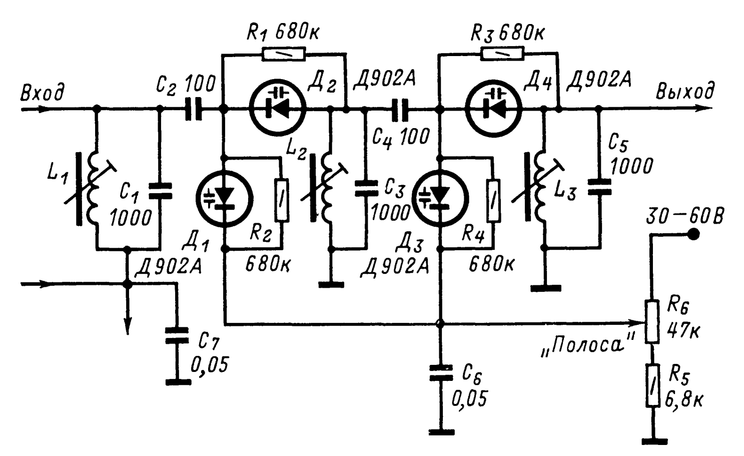


Рис. 2-56.

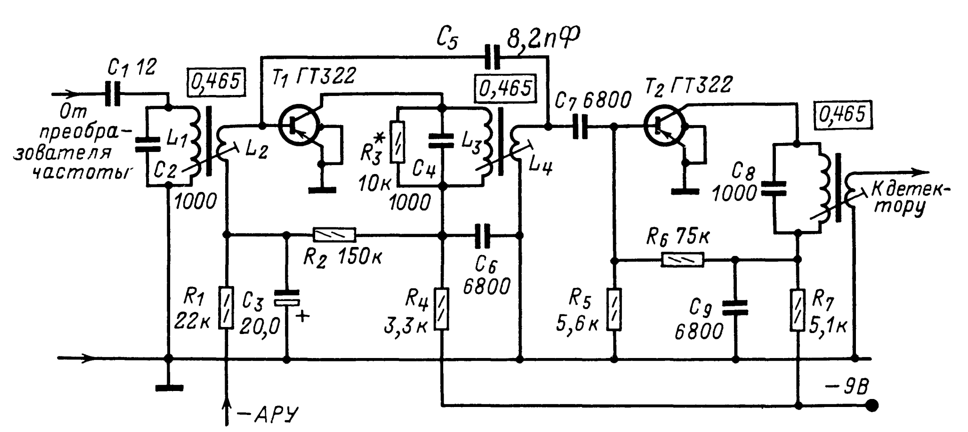


Рис. 2-57.

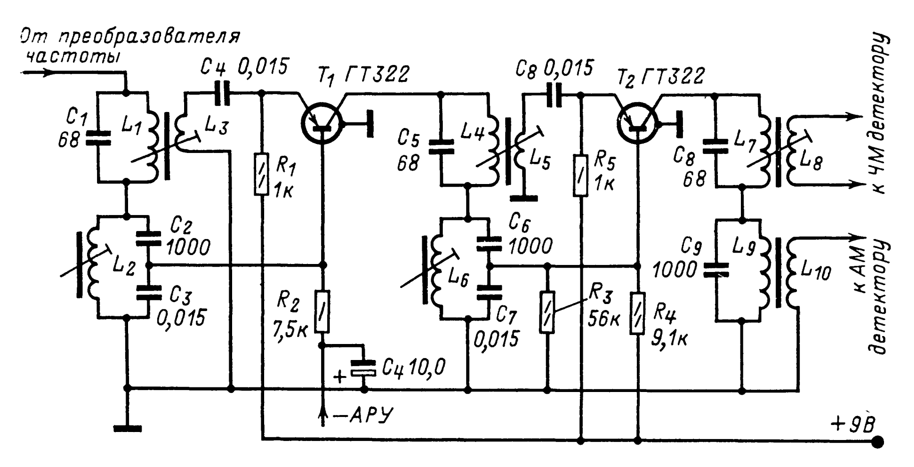


Рис. 2-58.

Ламповые УПЧ

Избирательность ламповых приемников обычно обеспечивается применением двухконтурных ФПЧ в качестве элементов междукаскадных связей. Большое входное и выходное сопротивления электронных ламп не ухудшают добротность контуров ПЧ при весьма значительных резонансных сопротивлениях. Малая проходная емкость высокочастотных пентодов позволяет осуществлять полное включение контуров с большими резонансными сопротивлениями в анодные и сеточные цепи ламп каскадов УПЧ, при этом усиление каскада достаточно большое при сравнительно малой крутизне характеристики электронных ламп (4—5 мА/В).

Типовая схема каскада усиления ПЧ приемника на лампах без диапазона УКВ показана на рис. 2-59.

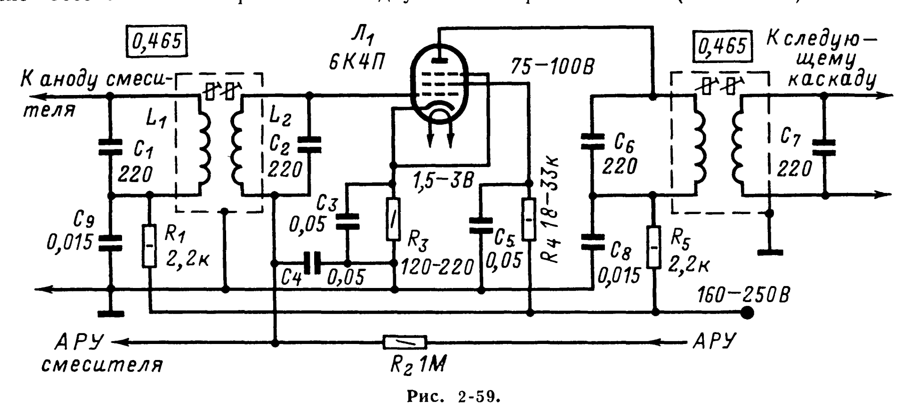


Рис. 2-59.

В приемниках с диапазоном УКВ усиление колебаний промежуточной частоты 465 кГц при приеме на КВ, СВ и ДВ и колебаний промежуточной частоты 6,5; 6,8 или 10,7 МГц при приеме на УКВ осуществляют в общем (комбинированном) УПЧ.

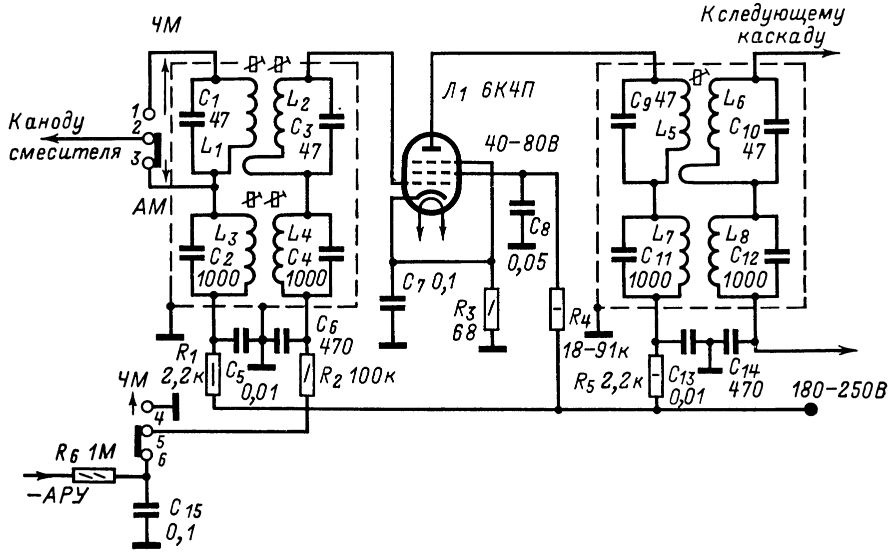


Рис. 2-60.

Таблица 2-5

Данные контуров комбинированного АМ/ЧМ ФПЧ

L_1, L_3	ПЭВ-2 0,12	26 вит.	9,2 мкГ	$Q \geq 80$ при $f = 6,5$ МГц
L_2	ПЭВ-2 0,12	1 вит.	—	
L_4, L_6	ПЭВ-2 $5 \times 0,06$	3×32 вит.	118 мкГ	$Q \geq 110$ при $f = 465$ кГц
L_5	ПЭЛШКО 0,15	1,5+1 вит.	—	

Катушки индуктивности контуров фильтров включают при этом в анодные и сеточные цепи ламп последовательно (рис. 2-60). Они не влияют друг на друга вследствие большого различия промежуточных частот. Напряжение АРУ через *RC* фильтр нижних

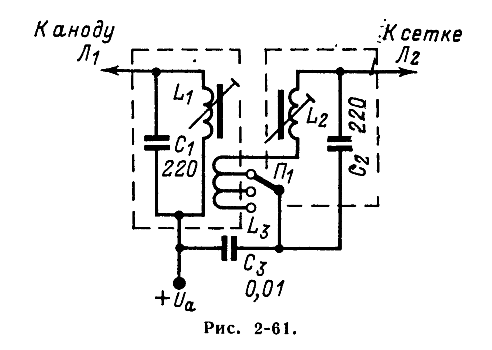
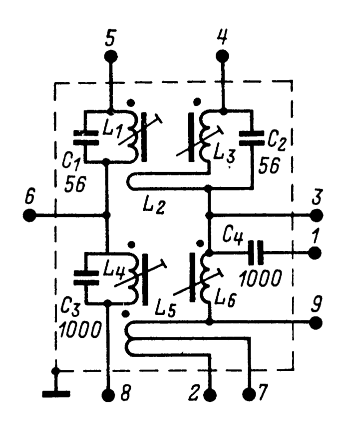


Рис. 2-61.

частот с постоянной времени 0,05—0,1 с подводится к управляющей сетке лампы. Для изменения полосы пропускания при приеме АМ сигналов связь между контурами одного или двух фильтров на 465 кГц делается переменной. Изменение связи производят изменением положения контурных катушек



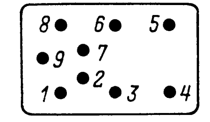


Рис. 2-62.

L_1 и L_2 друг относительно друга, либо изменением числа витков катушки связи L_3 с помощью переключателя полосы пропускания $П_1$ (рис. 2-61).

На рис. 2-62 приведена схема, а в табл. 2-5 — моточные данные комбинированного АМ/ЧМ ФПЧ, характерного для современных заводских ламповых РВ приемников.

2-8. ДЕТЕКТОРЫ СИГНАЛОВ

Схемы детекторов АМ

В большинстве современных приемников применяют детекторы на германиевых диодах. В ламповых приемниках находят применение диодные части комбинированных ламп (двойной диод-триод, триод-пентод и т. п.). В большинстве случаев детектирование производится при значительном уровне подводимого к детектору ВЧ (ПЧ) сигнала (0,5—3 В). Входное сопротивление диодного детектора, выполненного по последовательной схеме (рис. 2-63), $R_{вх} \approx R_н/2$, сопротивление детектора, выполненного по параллельной схеме, $R_{вх} \approx R_н/3$.

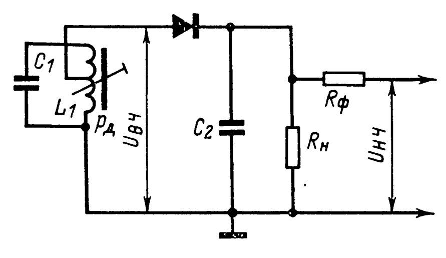


Рис. 2-63.

Напряжение НЧ на выходе детектора

$$U_{НЧ} = U_{ВЧ} m K_д,$$

где m — коэффициент модуляции; $K_д$ — коэффициент передачи детектора; $U_{ВЧ}$ — подводимое напряжение ВЧ.

Детекторные каскады транзисторных приемников, как правило, работают при малых подводимых напряжениях ВЧ (30—300 мВ) и с малым сопротивлением нагрузки (2—15 кОм). Это необходимо для согласования выхода детекторного каскада со входом транзисторного УНЧ, входное сопротивление которого лежит в указанных пределах, и для того чтобы получить максимальную чувствительность приемника при минимальном усилении в ПЧ (ВЧ) тракте.

При малом уровне входных сигналов к. н. и. существенно зависит от правильности согласования детектора с выходом УПЧ (УВЧ) и от режима диода детектора по постоянному току. Обычно с выхода детекторного каскада снимается напряжение постоянного тока для АРУ. В транзисторном приемнике это приводит к необходимости подачи на диод смещения из цепи питания базы транзистора соответствующего каскада УПЧ. Протекающий при этом через диод ток в значительной мере определяет коэффициент передачи детектора и его зависимость от величины входного сигнала. В свою очередь от величины коэффициента передачи детектора зависит его входное сопротивление

$$R_{вх} = R_н/(2K_д).$$

Очевидно, что при изменении величины сигнала изменяется входное сопротивление детекторного каскада и изменяются условия согласования детектора с выходом УПЧ (УВЧ). Минимальный к. н. и. получается лишь при вполне определенных условиях. Для наилучшего использования усилительных свойств последнего каскада УПЧ (УВЧ) минимальным подводимым к детектору напряжением следует считать 30—50 мВ. При

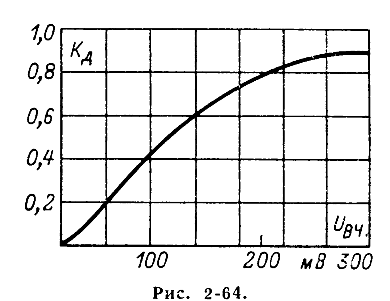


Рис. 2-64.

этом коэффициент передачи детектора приблизительно равен 0,2. Необходимый коэффициент включения детектора в контур УПЧ (УВЧ)

$$p_д = \sqrt{\frac{R_н}{K_д R_{oe}}},$$

где $p_д$ — коэффициент включения детектора, равный отношению числа витков катушки связи с детектором к числу витков контурной катушки последнего каскада УПЧ (УВЧ); $K_д$ — коэффициент передачи детектора (рис. 2-64); R_{oe} — эквивалентное сопротивление ненагруженного контура.

Рис. 2-65.

При таком способе согласования детектора с выходом УПЧ (УВЧ) с увеличением напряжения на входе УПЧ (УВЧ) напряжение на детекторе почти не изменится. Нелинейность характеристики детектора компенсируется нелинейностью его входного сопротивления, что снижает к. н. и. Подводимое к диоду детектора постоянное смещение должно иметь такую величину, чтобы получить небольшой ток через диод 1—5 мкА. Обычно для этого в схему приемника вводят переменный резистор, регулировкой которого обеспечивают получение малых значений к. н. и.

На рис. 2-65 приведена схема двухполупериодного детектора, в которой изображены цепи, обеспечивающие подбор режима детектора по постоянному току.

Детекторные каскады на электронных лампах и транзисторах

Наиболее распространена схема сеточного детектора (рис. 2-66), обладающая большой чувствительностью, но

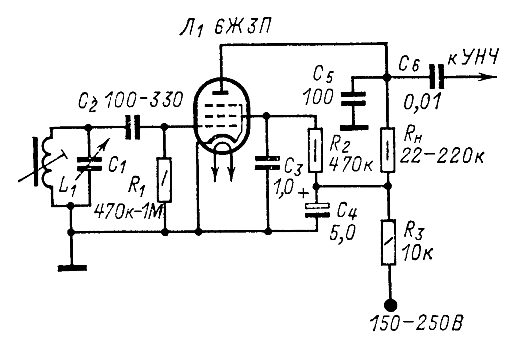


Рис. 2-66.

вносящая существенные нелинейные искажения при больших уровнях входного сигнала. Для повышения чувствительности детектора

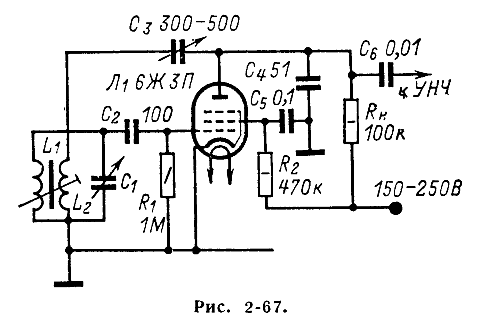


Рис. 2-67.

можно применить положительную обратную связь. Способы ее подачи приведены на рис. 2-67 и 2-68. В схеме на рис. 2-67 обрат-

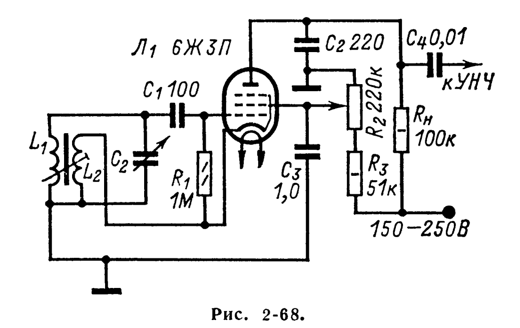


Рис. 2-68.

ная связь регулируется изменением емкости конденсатора C_3, а в схеме на рис. 2-68 — путем изменения напряжения на экранирующей сетке лампы с помощью потенциометра R_2.

Входное сопротивление сеточного детектора без обратной связи $R_{вх} = R_{с1}/3$, а коэффициент передачи детектора

$$K_д \approx mSR_н/4,$$

где S — крутизна характеристики лампы, мА/В; $R_н$ — сопротивление резистора анодной нагрузки, кОм.

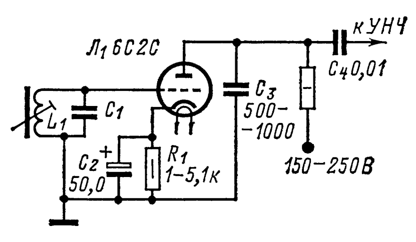


Рис. 2-69.

Анодный детектор (рис. 2-69) вносит небольшие искажения при входном напряжении величиной 1—3 В при применении лампы с резкой отсечкой анодного тока. Достоинством детектора является большое входное сопротивление.

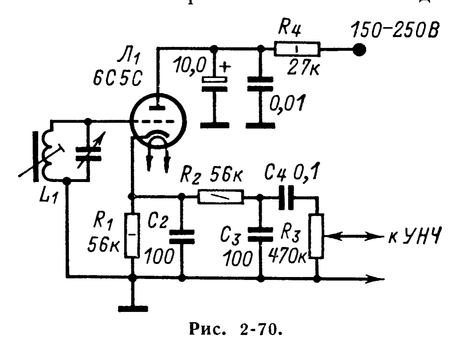


Рис. 2-70.

Катодный детектор (рис. 2-70) имеет большое входное сопротивление и малый к. н. и. благодаря наличию отрицательной обратной связи по низкой частоте. Коэффициент передачи напряжения несколько меньше единицы.

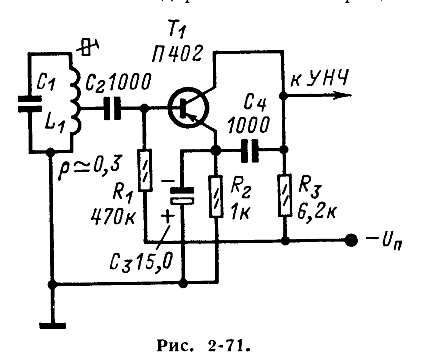


Рис. 2-71.

Детекторы на транзисторах применяют в простых транзисторных приемниках в целях экономии места. Детекторный каскад по схеме на рис. 2-71 используют в приемниках прямого усиления и в супергетеродинных приемниках. Он работает аналогично ламповому сеточному детектору и обладает высокой чувствительностью к малым сигналам. Транзистор обязательно должен быть высокочастотным.

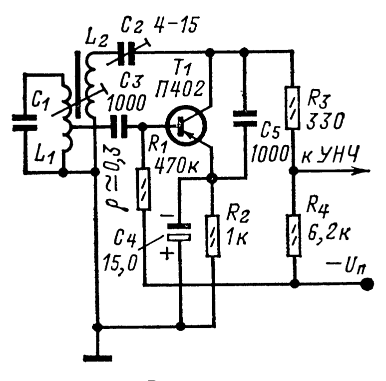


Рис. 2-72.

Применение положительной обратной связи (рис. 2-72) позволяет значительно повысить чувствительность детекторного каскада и благодаря этому уменьшить число каскадов УВЧ, УПЧ приемника или иногда отказаться от них. Коэффициент включения базы транзистора в контур должен быть 0,2—0,5; при этом можно получить значительное усиление от действия обратной связи. При применении транзистора с $f_т \geqslant 60$ МГц детектор может работать даже в диапазоне КВ, однако приемник с таким детектором работает обычно нестабильно и налаживание его сложно.

Схемы детекторов ЧМ сигналов

Для детектирования ЧМ сигналов чаще всего применяют детектор отношений («дробный детектор»), который эффективно подавляет амплитудную модуляцию (происходящую со звуковыми частотами) при работе предыдущей лампы в усилительном режиме и напряжении сигнала на ее управляющей сетке 0,05—0,1 В. При использовании детектора отношений громкость приема пропорциональна средней амплитуде принимаемого

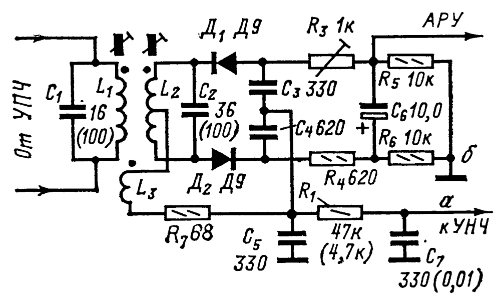


Рис. 2-73.

сигнала, вследствие чего приемники с такими детекторами часто имеют систему АРУ.

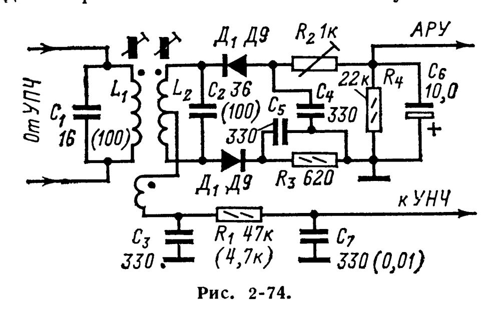


Рис. 2-74.

Симметричный (относительно корпуса) детектор отношений (рис. 2-73) проще в налаживании, но содержит больше деталей и развивает вдвое меньшее напряжение АРУ. Для нормальной работы детектора важно, чтобы половины катушки L_2 были электрически симметричны. Поэтому они наматываются двумя сложенными вместе проводами.

На рис. 2-74 дана схема несимметричного детектора отношений. Сопротивления и емкости, указанные в скобках на схемах рис. 2-73 и 2-74, соответствуют приемнику на транзисторах, а без скобок — ламповому. Напряжение постоянного тока для АПЧГ может быть снято с той же точки, что и выходное напряжение НЧ.

Комбинированный детектор ЧМ и АМ сигналов

Детектор по схеме на рис. 2-75 в зависимости от положения выключателя B_1 работает как детектор отношений ЧМ сигнала, поступающего с выхода тракта ЧМ через полосовой фильтр $L_4C_2L_5C_4$, либо как детектор АМ сигнала, поступающего с АМ фильтра $L_1C_1L_2C_3$.

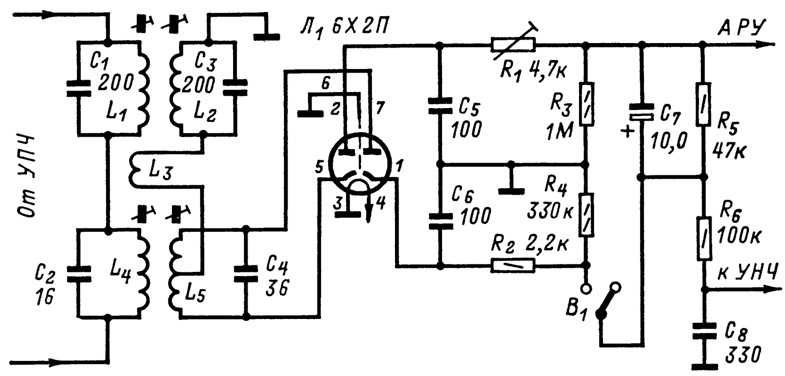


Рис. 2-75.

Стереодекодер для стереофонического радиоприемника

Усилитель на пентодной части лампы $Л_1$ (рис. 2-76) компенсирует потерю громкости при переходе на прием стереофонической передачи. С помощью частотнозависимого

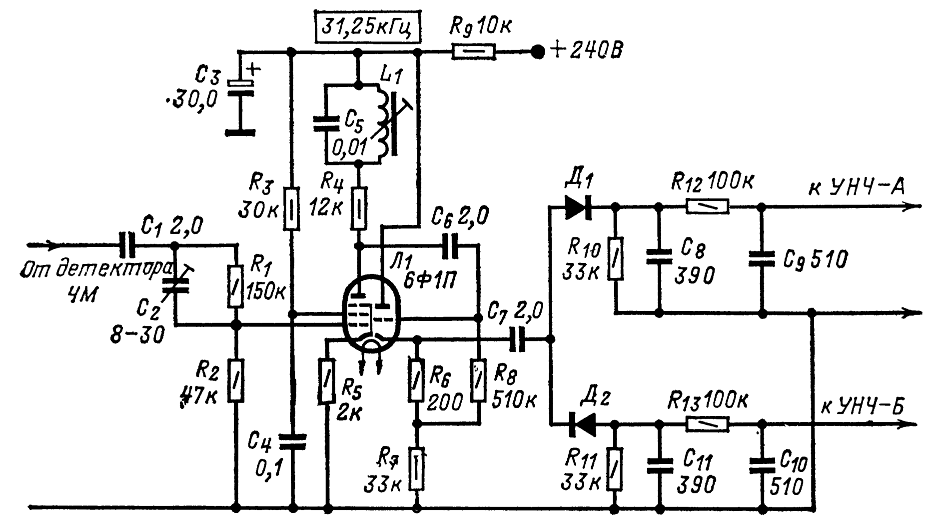


Рис. 2-76.

регулируемого делителя напряжения $C_2R_1R_2$ можно изменять частотную характеристику, добиваясь необходимого соотношения ВЧ и НЧ составляющих спектра полярно-модулированного колебания на входе полярного детектора на диодах $Д_1$ и $Д_2$. Это необходимо для устранения проникновения сигналов из одного канала в другой.

Полярный детектор подключен к выходу катодного повторителя. На выходах детектора включены *RC*-цепочки для компенсации предыскажений при передаче.

Транзисторный стереодекодер (рис. 2-77) содержит каскад восстановления поднесущей частоты 31,25 кГц на транзисторе T_1 и каскад разделения напряжения стереосигнала на транзисторе T_2 и диодах $Д_1$—$Д_4$.

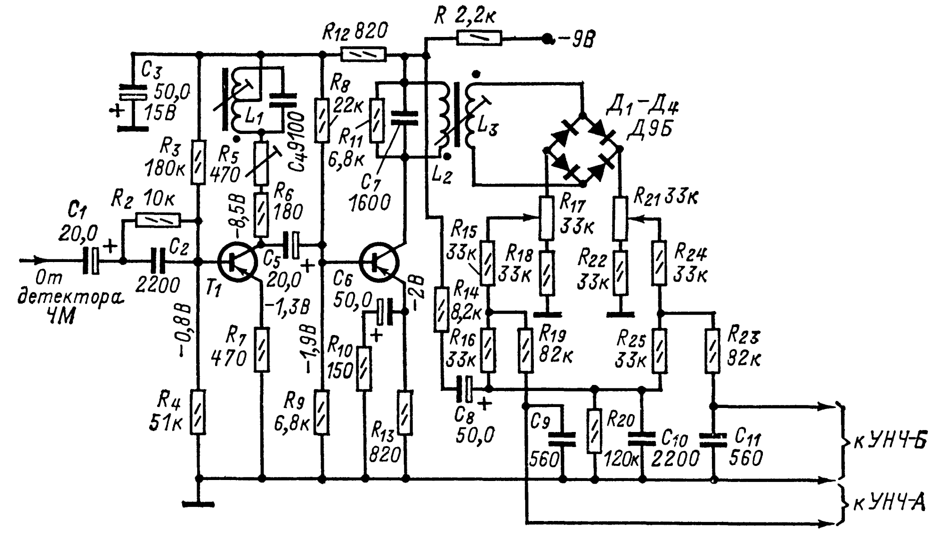


Рис. 2-77.

Уровень поднесущей частоты увеличивается на 14 дБ за счет действия резонансного контура L_1C_4, настроенного на частоту 31,25 кГц, последовательно с которым включен резистор, обладающий сопротивлением, в 4 раза меньшим сопротивления контура. Необходимый уровень несущей частоты устанавливается при регулировке резистором R_5.

Разделение стереосигнала на суммарный и разностный происходит в каскаде на транзисторе T_2, причем суммарный сигнал выделяется на резисторе *R*, а разностный — на контуре L_2C_7. На диодном мосте разностный сигнал детектируется и затем складывается с суммарным. Резисторы R_{17} и R_{21} служат для компенсации составляющих напряжения канала *А* в канале *Б*, и наоборот.

Данные катушек контуров стереодекодеров: L_1 — 60 витков ПЭВ-1 0,2 в ферритовом сердечнике ОБ18. В схеме на рис. 2-77 отвод у катушки L_1 от 12,5 витков, L_2 — 250 витков ПЭВ-1 0,09, L_3 — 400 витков ПЭВ-1 0,09 в таком же сердечнике.

Схема коммутации входов УНЧ с выходами стереодекодера, а также выходов детекторов АМ и ЧМ сигналов приведена в § 4-4 (рис. 4-16).

2-9. АВТОМАТИЧЕСКОЕ РЕГУЛИРОВАНИЕ УСИЛЕНИЯ

Для автоматического регулирования усиления (АРУ) в приемниках используется зависимость крутизны характеристики транзисторов (ламп), работающих в каскадах УПЧ (УВЧ) от величины напряжения смещения рабочей точки. В качестве регулирующего напряжения обычно используется постоянная составляющая продетектированного ВЧ сигнала, пропорциональная уровню несущей частоты сигнала. Кроме изменения крутизны характеристики электронных при-

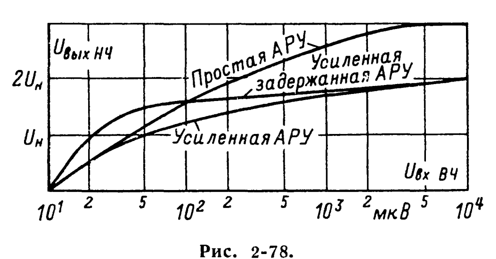


Рис. 2-78.

боров для цепей АРУ применяются зависимые от напряжения или тока делители напряжения или изменяемые нагрузочные сопротивления в каскадах УПЧ (УВЧ). Действие различных систем АРУ иллюстрируется регулировочными характеристиками, представленными на рис. 2-78.

Простая система АРУ и система АРУ с задержкой. В ламповых приемниках из-за

практически бесконечно большого входного сопротивления регулируемых каскадов и применения в частотно-преобразовательных каскадах комбинированных ламп имеется возможность охватить АРУ все предшествующие детектору каскады усиления ВЧ (ПЧ). Поэтому могут быть получены достаточно

Рис. 2-79.

хорошие результаты и при простой системе АРУ. Регулирующее напряжение снимается непосредственно с нагрузки детектора через фильтр с постоянной времени 0,05—0,1 с.

В транзисторном приемнике цепи питания баз регулируемых транзисторов создают в цепи АРУ постоянный ток, который ухудшает условия работы детектора. Поэтому в транзисторных приемниках применяют специальные схемы включения АРУ. В схеме на рис. 2-79 резистор фильтра АРУ R_2 включен в диагональ моста, который уравновешивается регулировкой сопротивления резистора R_5 так, чтобы в отсутствие сигнала ток через диод $Д_1$ был близок к нулю. Критерием правильной установки этого резистора являются минимальные искажения принимаемых сигналов и наибольшая чувствительность к приему слабых сигналов. Для исключения влияния регулируемых каскадов на детектор применяют отдельный детектор АРУ (на диоде $Д_2$ — рис. 2-80). Уровень задержки может быть установлен с помощью резистора R_2, определяющего напряжение смещения на диоде $Д_2$. Можно также вместо германиевого диода в детекторе АРУ применить кремниевый диод, который начинает проводить ток при большем напряжении ВЧ сигнала.

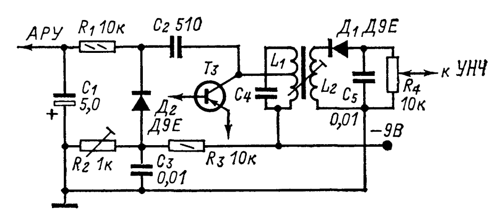


Рис. 2-80.

Усиленная АРУ (см. функциональную схему на рис. 2-81). В усиленной системе АРУ имеется, как правило, дополнительный каскад, усиливающий сигнал только для целей АРУ. Усиление может быть создано для ВЧ сигнала (рис. 2-81, *а*) или для постоянного тока (рис. 2-81, *б*). В ламповых приемниках, как правило, применяется первый способ, в транзисторных более широко применяется второй, не требующий для своего осу-

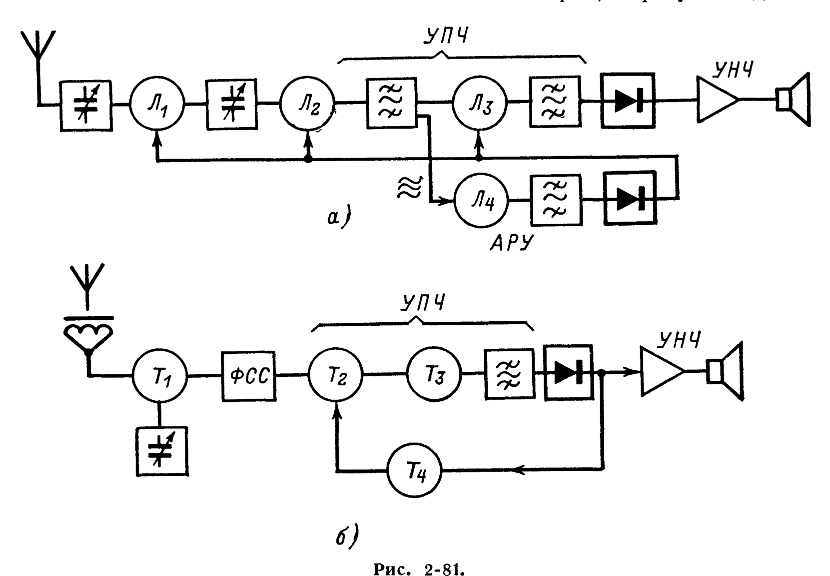


Рис. 2-81.

ществления дополнительного высокочастотного транзистора.

Комбинированная АРУ. Эта система АРУ, сочетающая достоинства задержанной и усиленной АРУ, часто применяется в ламповых приемниках, начиная с класса II и выше, и во многих транзисторных приемниках. Последнее обстоятельство вызвано тем, что, как правило, число каскадов, допускающих регулировку усиления в транзисторных приемниках, меньше, а более

глубокое регулирование одного из каскадов приводит к амплитудным искажениям принимаемого сигнала и изменению частотных характеристик УПЧ за счет расстройки соответствующих контуров изменяющейся входной емкостью и входным сопротивлением транзистора.

зистора T_2 уменьшает крутизну его характеристики, и, следовательно, усиление каскада уменьшается. Одновременно вследствие уменьшения тока коллектора транзистора T_2 уменьшается падение напряжения на резисторе R_4, диод $Д_2$ отпирается, шунтирует контур, включенный в коллекторную цепь

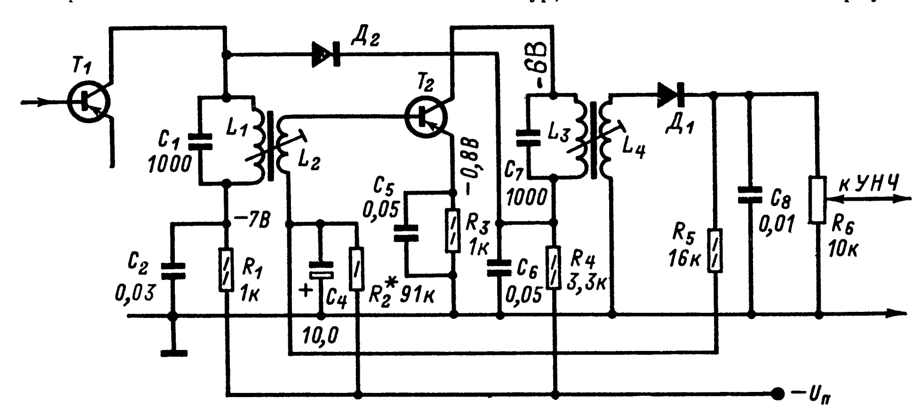


Рис. 2-82.

Схемы АРУ с шунтирующими диодами и транзисторами. К числу схем, не имеющих перечисленных недостатков, относятся схемы с шунтирующими диодами и транзисторами, включенными параллельно резонансным нагрузкам преобразовательного или усилительного каскадов. Шунтируя нагрузку под

транзистора T_1, и уменьшает усиление каскада, в котором он работает. Сопротивление диода $Д_2$ изменяется от 300—700 кОм в запертом состоянии до 0,5—1,5 кОм в отпертом.

Одновременное уменьшение крутизны характеристики транзистора T_2 и резонансного сопротивления контура L_1C_1 приводит к до-

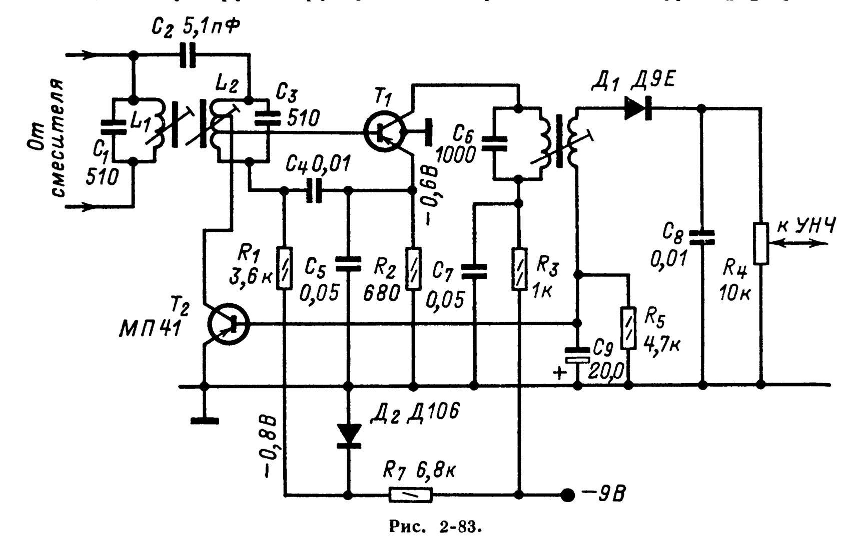


Рис. 2-83.

воздействием регулирующего напряжения или тока, они уменьшают усиление.

На рис. 2-82 показана схема АРУ с использованием рассматриваемого способа. Выпрямленное детектором на диоде $Д_1$ напряжение несущей частоты через резистор R_5 вводится в цепь базы транзистора T_2 УПЧ. Конденсатор C_4 отфильтровывает напряжение НЧ. Изменение коллекторного тока тран-

статочно глубокой АРУ. Соответствующим подбором сопротивлений резисторов R_1 и R_4 можно получить работу АРУ с задержкой, открывая диод $Д_2$ при меньших или больших уровнях оптимального сигнала.

Так как шунтирование контура L_1C_1 сопротивлением диода $Д_2$ расширяет полосу пропускания тракта ПЧ, одновременно как бы осуществляется автоматическая регули-

ровка ширины полосы частот, пропускаемых приемником. Однако из-за наличия тока базы транзистора T_2 диод $Д_1$ смещен в прямом направлении, что уменьшает чувствительность приемника к слабым сигналам. От этого недостатка свободна схема АРУ на рис. 2-83. Здесь в усилителе напряжения АРУ работает низкочастотный транзистор T_2, участок коллектор—эмиттер которого выполняет функции шунтирующего диода. Так как транзистор начинает проводить ток только по достижении входным сигналом определенного уровня, схема АРУ работает с задержкой. Изменение выходной емкости и выходного сопротивления транзистора АРУ обратно по своему действию изменению входных параметров транзистора T_1 УПЧ и при правильном подборе положения отвода в контурной катушке L_2 можно практически полностью компенсировать расстройку этого контура ПЧ. Глубина регулировки в этой схеме такова, что при изменении сигнала на входе приемника до 500 раз напряжение НЧ на выходе детектора изменяется менее чем в 2 раза. Полоса пропускания тракта ПЧ с некоторого уровня входного сигнала расширяется, что благоприятно сказывается на качестве приема местных радиостанций.

В транзисторном приемнике с каскадом УВЧ можно охватить АРУ и этот каскад.

Эстафетные схемы АРУ. Для уменьшения нагрузки детектора напряжение АРУ можно подвести к одному из регулируемых каскадов, а для изменения усиления другого каскада использовать изменение тока первого регулируемого транзистора. Такие схемы, получившие наименование «эстафетных», применяют в усилителях по схемам на рис. 2-30 и 2-31.

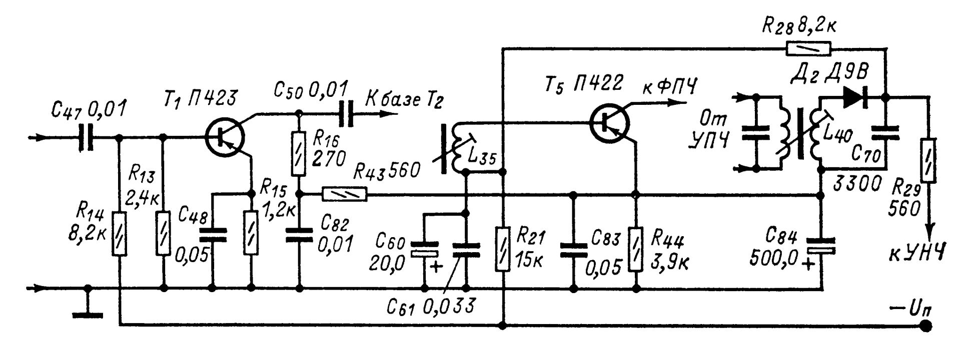


Рис. 2-84.

На рис. 2-84 приведена эстафетная схема, применяемая в приемнике «ВЭФ-201». Уменьшение напряжения на коллекторе T_1 приводит его к режиму насыщения и снижению усиления.

2-10. ИНДИКАТОРЫ НАСТРОЙКИ

Процесс настройки на радиостанции приемников с АРУ усложняется особенно при применении в УПЧ фильтров с хорошей пря-

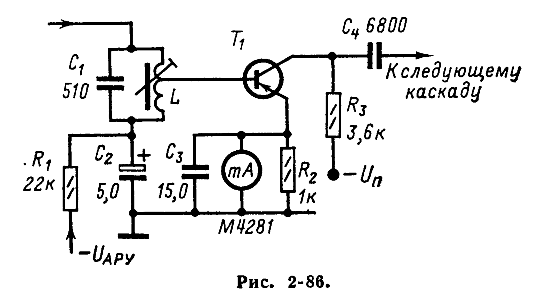


Рис. 2-86.

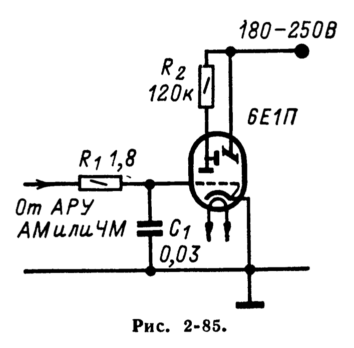


Рис. 2-85.

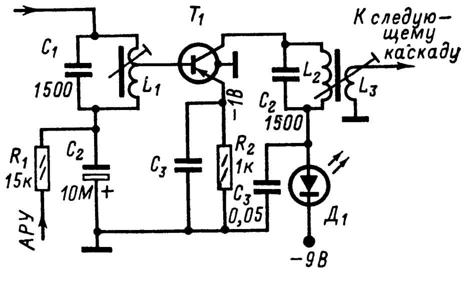


Рис. 2-87.

моугольностью частотной характеристики и при работе на УКВ диапазоне. Неточность настройки приводит к искажению принимаемых сигналов, поэтому для обеспечения точной настройки лампового приемника применяют индикатор настройки (рис. 2-85).

Для индикации настройки транзисторного приемника возможно применение стрелочного миллиамперметра, включаемого по

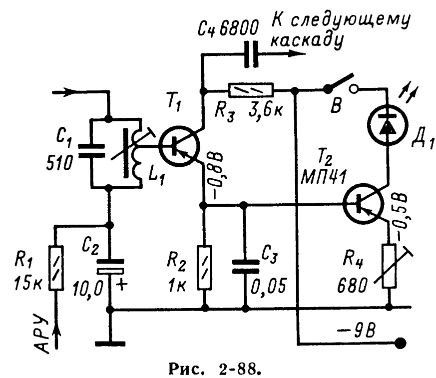


Рис. 2-88.

схеме на рис. 2-86, либо светодиода (см. стр. 324). Если яркость свечения светодиода достаточна при токе 1—1,5 мА, его можно включить в цепь коллектора первого каскада УПЧ (рис. 2-87). Светодиод, дающий хорошую яркость при большем токе, нужно включать в цепь коллектора дополнительного каскада УПТ (на транзисторе T_2 в схеме на рис. 2-88).

2-11. АВТОМАТИЧЕСКАЯ НАСТРОЙКА ПРИЕМНИКОВ

Электромеханическая система. Электродвигатель *Д*, вращая ось блока конденсатора настройки *КПЕ*, перестраивает приемник в заданном диапазоне частот (рис. 2-89). При точной настройке на радиостанцию на

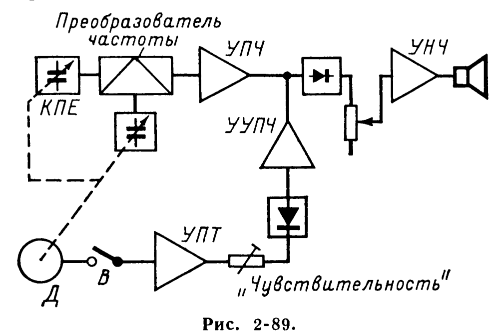


Рис. 2-89.

выходе узкополосного усилителя *УУПЧ* появляется напряжение, которое после детектирования и усиления в *УПТ* останавливает вращение оси блока *КПЕ*, фиксируя настройку на данную радиостанцию. Изменяя величину напряжения на входе *УПТ*, можно осуществлять прием радиостанций с различной напряженностью поля в месте приема. От ширины полосы пропускания *УУПЧ* зависит точность настройки приемника.

В автомобильных приемниках агрегат настройки приводится в действие обычно электродвигателем через редуктор с большой степенью замедления. При достижении точной настройки агрегат настройки отсоединяется от двигателя и фиксируется (обычно электромагнитной муфтой), а цепь питания двигателя разрывается.

В переносных транзисторных приемниках в целях экономии источников питания в качестве двигателя обычно применяют пружинный механизм, подобный часовому (рис 2-90). При этом ось блока *КПЕ* не должна иметь стопоров, ограничивающих угол вращения.

Для обеспечения высокой точности остановки двигателя при настройке на радиостанцию вертушка стоп-реле связана с пружинным барабаном через редуктор с передаточным числом более 200. При повороте вертушки на один оборот частота настройки приемника изменяется менее чем на 5 кГц.

Обмотка стоп-реле включается на выход двухкаскадного УПТ. В схеме на рис. 2-91 в этом усилителе работают транзисторы T_2 и T_3. Регулировка чувствительности осуществляется резистором R_{10}. Узкополосный УПЧ выполнен на транзисторе T_1 и кварцевом фильтре L_4; $КВ_1$; C_5. Первичный контур L_3C_2 дифференциального трансформатора фильтра слабо связан с выходом УПЧ приемника. При настройке на радиостанцию обмотка стоп-реле обесточена и стопор вертушки не дает возможности пружинному двигателю вращать ось *КПЕ*. Для перестройки на другую радиостанцию необходимо нажатием кнопки $Кн_1$ на короткое время подать напряжение питания на обмотку стоп-реле. При этом освобождается вертушка и пружинный двигатель начинает вращать ось *КПЕ* до настройки на следующую радиостанцию, напряженность поля ко-

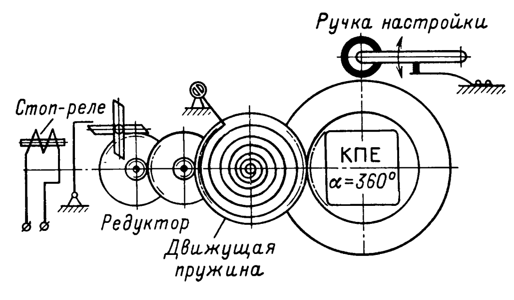


Рис. 2-90.

торой превышает порог установленной чувствительности *УПТ*. Механические системы требуют тщательной регулировки для обеспечения требуемой точности настройки на сигналы принимаемой радиостанции.

Электронная система (рис. 2-92). «Двигателем» является генератор поиска, выраба-

тывающий пилообразное напряжение, размах которого должен быть не менее необходимого для перестройки в заданном диапазоне частот блока настройки, в котором в качестве переменных емкостей используются варикапы. В схеме можно применить генератор пилообразного напряжения фантастронного типа на лампе 6Ж2П и блок УКВ с электронной настройкой. Электронная система хорошо сопрягается с системой АПЧГ, благодаря чему обеспечивается высокая точность настройки на радиостанцию. Останавливающим напряжением для фантастронного генератора является выходное напряжение частотного детектора приемника, которое после попадания сигнала радиостанции в полосу пропускания приемника используется в качестве регулирующего в системе АПЧГ, в которую превращается схема после остановки генератора поиска. После прекращения поиска лампа выполняет роль УПТ с большой постоянной времени (роль фильтра). Перестройка с одной радиостанции на другую осуществляется кратковременным замыканием кнопки $Кн_1$.

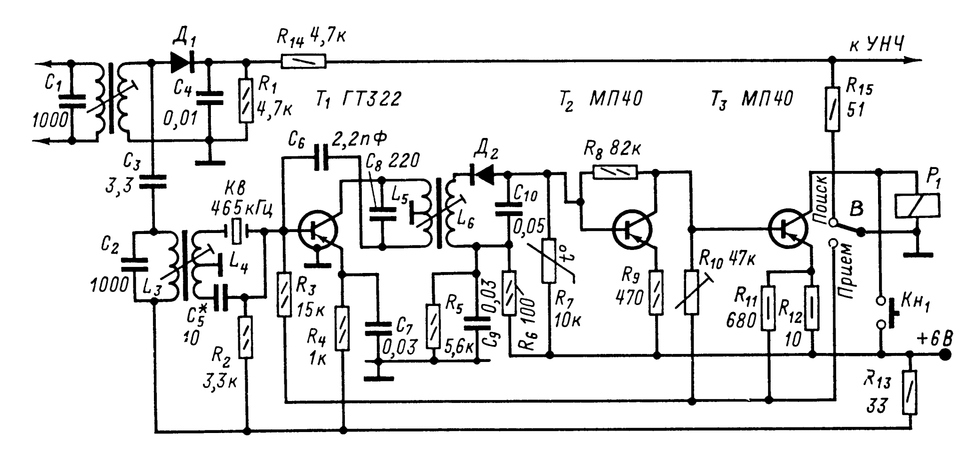


Рис. 2-91.

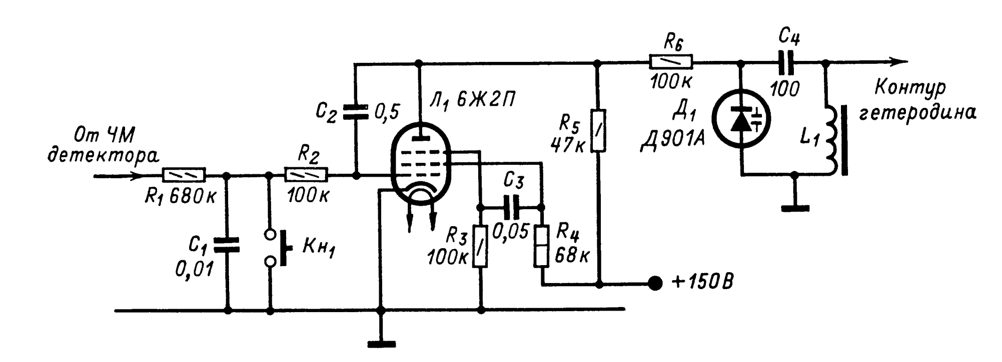


Рис. 2-92.

2-12. НАЛАЖИВАНИЕ РАДИОПРИЕМНИКОВ

Порядок налаживания

Налаживанием приемника называют работы по доведению его характеристик до возможных, оптимальных значений.

Последовательность работ при налаживании обычно следующая: проверка правильности и устранение ошибок монтажа; проверка правильности режимов электронных ламп и полупроводниковых приборов и устранение несоответствия заданным; проверка характеристик НЧ и ВЧ трактов; устранение возможных дефектов в работе отдельных каскадов; подстройка и сопряжение настроек контуров; измерение основных характеристик приемника в целом.

Проверка правильности монтажа

В процессе монтажных работ необходимо тщательно проверять (например, с помощью омметра) правильность всех соединений в соответствии с принципиальной схемой, поляр-

ность включения электролитических конденсаторов, отсутствие замыканий между электродами электронных приборов, отсутствие замыканий между обмотками и обмоток с магнитопроводами трансформаторов, отсутствие соприкасаний неизолированных выводов деталей между собой и с другими токонесущими элементами схемы, отсутствие затеков олова, обрезков монтажного провода и других возможных нежелательных последствий монтажных работ. Проверку электролитических конденсаторов на отсутствие утечек производят до установки в приемник с помощью омметра, с соблюдением полярности, указанной на конденсаторе. Омметр должен быть включен в положение измерения больших сопротивлений. При использовании в качестве омметра тестеров различных типов следует принимать во внимание, что у большинства из них отрицательный полюс внутренней батареи омметра соединен с выводом прибора, обозначенным знаком «+».

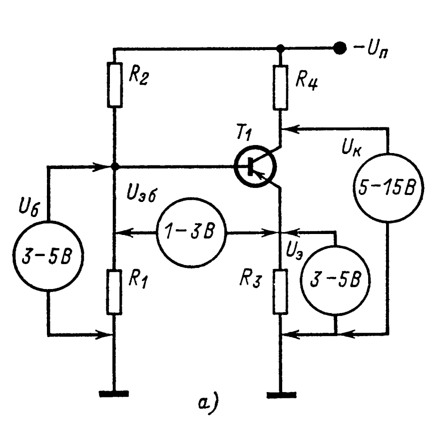
При правильном подключении электролитического конденсатора к омметру и при исправном конденсаторе в момент включения стрелка омметра отклонится тем сильнее, чем больше емкость конденсатора, а затем медленно возвратится в исходное положение. Сопротивление изоляции конденсатора должно быть не менее нескольких мегом, меньшее сопротивление может привести к изменению режимов работы электронных приборов, особенно транзисторов, так как в транзисторных усилителях электролитические конденсаторы обычно используются в качестве разделительных. Отсутствие броска стрелки указывает на внутренний обрыв или значительное уменьшение емкости конденсатора за счет высыхания электролита.

Электронные приборы при отсутствии возможности проверки их параметров проверяются на отсутствие междуэлектродных замыканий и на работоспособность. Отсутствие междуэлектродных замыканий проверяется с помощью омметра, причем для транзисторов и полупроводниковых диодов необходимо соблюдать полярность подсоединения щупов омметра. Сопротивление между выводами базы и эмиттера, базы и коллектора в одном из положений щупов омметра должно быть 10—500 Ом, при изменении полярности подключения на участке коллектор — база не менее 100 кОм, а на участке эмиттер — база не менее 10 кОм, если транзистор исправен; напряжение внутренней батареи омметра не превышает максимально допустимых напряжений для этих участков, например у большинства ВЧ транзисторов максимально допустимое обратное напряжение база — эмиттер не превышает 1—3 В. Дальнейшая проверка на работоспособность может быть осуществлена путем установки электронных приборов в заведомо исправный приемник.

Проверка режимов электронных приборов

Налаживание следует начинать с проверки режимов питания электронных приборов. Независимо от назначения каскада (усиление НЧ, усиление ВЧ, генерирование колебаний) в схеме каскада всегда можно выделить основные цепи, определяющие режим электронных приборов по постоянному току. Номинальные напряжения на их электродах обычно указываются на схемах приемников, в рекомендуемых режимах работы электронных ламп или определяется по их характеристикам. Режим многосеточных ламп, кроме того, определяется значениями напряжений на второй и третьей сетках. При питании второй сетки через гасящий резистор напряжение на ней может значительно отличаться от рекомендованного в описании (на схеме) приемника. Для обеспечения заданного режима следует сначала убедиться в исправности блокировочного конденсатора второй сетки, а затем подобрать сопротивление гасящего резистора или сменить лампу. Значительно меньший разброс напряжения на второй сетке при замене лампы обычно получается при питании второй сетки от делителя напряжения.

Режимы каскадов УВЧ и УПЧ, за исключением напряжений смещения, можно из-



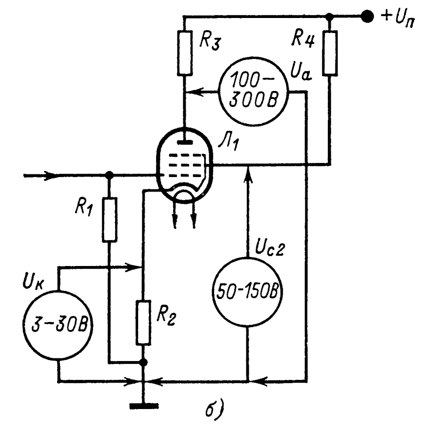


Рис. 2-93.

мерить с помощью тестера с внутренним сопротивлением 5—10 кОм/В. На рис. 2-93 представлены способы включения тестера между различными электродами транзистора и лампы. В кружочках, изображающих тестер, указаны пределы его шкал, на которых следует проводить измерения.

Настройка приемников прямого усиления

Приемники прямого усиления можно налаживать без специальной измерительной аппаратуры.

После проверки режимов транзисторов (ламп) по постоянному току и налаживания УНЧ можно попытаться принять какую-либо радиостанцию. Если она слышна достаточно громко, без свистов и искажений, значит, ВЧ тракт и детектор приемника работают нормально и можно приступить к подгонке границ принимаемого поддиапазона. При искаженном приеме следует устранить неполадки в работе УВЧ детектора. После этого можно перейти к подгонке границ поддиапазонов приемника.

При отсутствии сигнал-генератора эту работу лучше всего производить с помощью вспомогательного приемника, в качестве которого можно использовать РВ приемник промышленного изготовления, имеющий градуировку шкалы. Желательно, чтобы в нем был индикатор настройки. Для контроля частоты настройки контура, определяющего настройку налаживаемого приемника, можно подать на этот контур положительную обратную связь. В одноконтурном приемнике с обратной связью ее увеличивают до возникновения самовозбуждения. Если в приемнике несколько контуров, то обратную связь следует подать на контур, связанный с детекторным каскадом. Наиболее просто осуществить обратную связь, соединив конденсатором 5—15 пФ выходную цепь следующего за указанным контуром каскада. Если генерация не возникает, то следует поменять местами концы катушки связи цепи базы транзистора с контуром.

После получения генерации налаживаемый приемник слабо связывают с вспомогательным приемником и принимают его «сигналы», замечая их частоту по шкале вспомогательного приемника. Используя вспомогательный приемник как волномер, изменяя данные контурной катушки налаживаемого приемника, укладывают его контур в границы заданного поддиапазона. После укладки в диапазон «основного» контура остальные контуры приемника настраивают по максимальной громкости приема радиостанций. Сначала приемник настраивают на радиостанцию, работающую в низкочастотном участке диапазона, и подстраивают все контуры, изменяя индуктивность контурных катушек. Затем, настроившись на радиостанцию в высокочастотном участке диапазона, подстраивают все контуры, изменяя емкости подстроечных конденсаторов. Для точной подстройки контуров указанные операции необходимо повторить 2—4 раза.

При наличии сигнал-генератора укладку поддиапазонов налаживаемого приемника производят путем настройки его на частоту сигнал-генератора, установленную ранее по его шкале. Модулированный звуковой частотой (400 или 1 000 Гц) сигнал подводят к входу приемника через конденсатор емкостью 100—200 пФ либо через виток связи (см. рис. 2-1), если приемник рассчитан для работы с магнитной антенной.

Настройка супергетеродинных приемников

Настройка контуров тракта ПЧ. Налаживание супергетеродинного приемника следует начинать с настройки резонансных контуров тракта ПЧ (междукаскадных фильтров и ФСС). Если в приемнике имеется фильтр, предотвращающий попадание сигналов с частотой ПЧ на вход преобразователя частоты, то на время настройки тракта ПЧ этот фильтр следует отсоединить. Включают его после завершения настройки, настроив по минимуму прохождения сигнала ПЧ.

Образцовый сигнал (465 кГц, 6,5 МГц и т. п.) можно получить от сигнал-генератора либо от одного из каскадов УПЧ вспомогательного приемника, настроенного на какую-либо местную радиостанцию. Если в налаживаемом приемнике избирательность «рассосредоточена», то сначала образцовый сигнал подают на вход последнего каскада УПЧ. Для ослабления влияния настройки контура, к которому подсоединяют входной сигнал, контур должен быть зашунтирован низкоомным сопротивлением. Обычно это условие выполняется, если сигнал подается от сигнал-генератора с выходным сопротивлением 50—75 Ом или снимается с обмотки связи с контуром ПЧ вспомогательного транзисторного приемника через конденсатор емкостью 0,01—0,05 мкФ. На слух, по максимальной громкости, или визуально по показаниям прибора, включенного на выход приемника, настраивают выходной фильтр последнего каскада УПЧ. При наличии в приемнике нескольких каскадов УПЧ по мере настройки эталонный сигнал подают на вход предыдущего каскада и настраивают его контуры (фильтры), не меняя частоты эталонного сигнала, но соответственно уменьшая его уровень во избежание перегрузки каскадов УПЧ. При наличии цепей нейтрализации проходных емкостей транзисторов (ламп) настройка УПЧ производится следующим образом: после настройки последнего ФПЧ (считая от входа приемника), когда низкоомный выход сигнал-генератора переносится на вход предыдущего каскада, изменением частоты сигнал-генератора определяется уход частоты настройки последнего ФПЧ. Если частота настройки мало изменилась (расстройка меньше 2—3 кГц), то нейтрализующая емкость выбрана правильно; если же расстройка больше допустимой и произойдет в сторону повышения частоты, то емкость конденсатора цепи нейтрализации следует уменьшить, а если в сторону уменьшения — увеличить.

Во всех случаях при настройке тракта ПЧ следует срывать колебания гетеродина настраиваемого приемника во избежание ложных настроек.

Сопряжение входных и гетеродинного контуров. Сопряжение можно начинать с любого поддиапазона. Однако если катушки входного или гетеродинного контуров используются на двух или более диапазонах, нужно разобраться в схеме их коммутации и выбрать диапазон, с которого следует начинать сопряжение контуров.

Сопряжение контуров следует производить в расчетных точках, которые для стандартных РВ диапазонов имеют следующие значения:

ДВ	165	250	380	кГц
СВ	570	1 000	1 550	кГц
КВ	4,5	8	11,5	МГц
УКВ	—	69	—	МГц

На вход приемника подается сигнал от сигнал-генератора через эквивалент внешней антенны либо через виток связи с магнитной антенной приемника, и, поочередно настраивая приемник на крайние частоты поддиапазонов, устанавливаемые по шкале сигнал-генератора, вращением соответствующих подстроечных сердечников катушек и осей подстроечных конденсаторов контура гетеродина укладывают диапазоны приемника в следующие границы:

	Настройка индуктивностью	Настройка емкостью	
ДВ	148	415	кГц
СВ	520	1 630	кГц
КВ	4,3	12,2	МГц

При отсутствии сигнал-генератора границы диапазонов настраиваемого приемника определяют с помощью вспомогательного приемника, на который принимают частоты гетеродина диапазона ДВ, настраивая приемник на 613 кГц (490 м) и 880 кГц (340 м) и одну частоту диапазона СВ — 980 кГц (306 м). Для установки второй граничной частоты диапазона СВ (1 630 кГц) вспомогательный приемник настраивают на 1 165 кГц, а частоту его гетеродина, равную 1 630 кГц, принимают на настраиваемый приемник. Аналогичным образом приблизительно устанавливают границы диапазона КВ, которые затем уточняют при приеме радиостанций, работающих в участках диапазона.

Настройка входных контуров. Сигнал-генератор поочередно устанавливают на крайние частоты точного сопряжения и, изменяя индуктивность на нижних частотах и емкость на верхних, подстраивают по максимуму входные контуры. При отсутствии сигнал-генератора входные контуры настраивают по максимальной громкости сигналов радиостанций, расположенных по шкале приемника вблизи частот точного сопряжения.

Операции по укладке границ поддиапазонов и сопряжению входных контуров производят не менее 2—4 раз в каждой из указанных точек для последовательного приближения к оптимальной точности.

Сопряжение контуров приемников с настройкой ферровариометром (например, автомобильных). В этом случае сигнал-генератор и высокочастотный милливольтметр необходимы. Схема преобразовательного каскада с настройкой контуров изменением индуктивности показана на рис. 2-94. Настройка осуществляется следующим образом: к входному контуру в точке его соединения со входом УВЧ (преобразователя частоты) подсоединяется ВЧ милливольтметр; ко входу приемника через эквивалент антенны подсоединяется сигнал-генератор и с помощью подстроечного конденсатора C_2 и подбором конденсатора C_3 в соответствующих диапазонах укладывают границы настроек входных контуров. Затем по шкале сигнал-генератора устанавливают частоту точного сопряжения диапазона СВ (1 550 кГц) и по максимуму показаний милливольтметра настраивают входной контур на эту частоту.

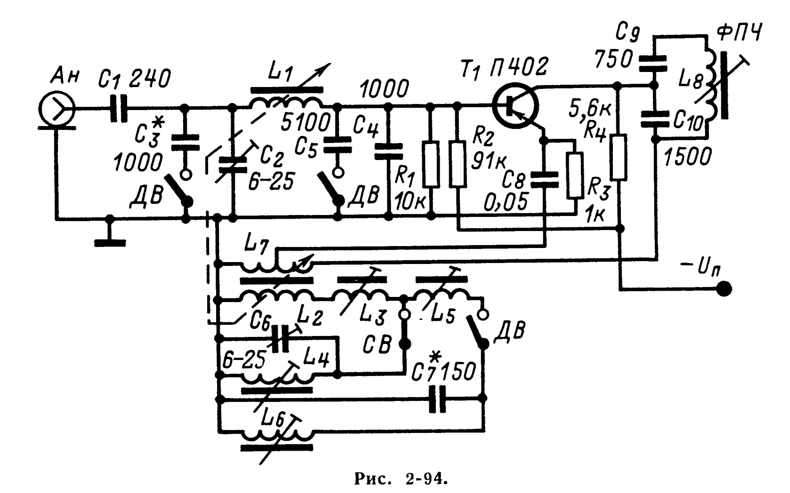


Рис. 2-94.

Затем, уменьшив входное напряжение во избежание перегрузки приемника, подстраивают катушку L_3 контура гетеродина до получения максимума напряжения на выходе приемника. Аналогично настраивают входной контур на частоту точного сопряжения 570 кГц и сопрягают с ним контур гетеродина изменением индуктивности катушки L_4. Если в контрольной точке на средней частоте точного сопряжения получить не удастся, то следует несколько изменить емкость конденсатора C_6 и повторить всю операцию снова. На диапазоне ДВ на частоте 380 кГц сопряжение осуществляется изменением индуктивности катушки L_5, а на частоте 165 кГц — катушки L_6. После окончания настройки и подключения антенны необходимо уточнить установку C_2 при приеме радиостанции в любой точке диапазона.

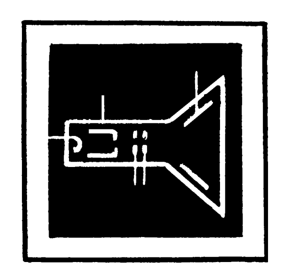
Налаживание тракта ЧМ приемника

Налаживание ЧМ тракта начинают с настройки контуров ЧМ детектора и тракта УПЧ. Если детектор выполнен по схеме симметричного детектора отношений, на его вход подают напряжение ПЧ от сигнал-генератора, а к резистору R_5 (рис. 2-73) подсоединяют высокоомный вольтметр. Контуры детектора настраивают по максимуму выходного напряжения. Затем включают вольтметр между точками *а* и *б* и подстраивают вторичный контур до получения нулевого напряжения. После этого изменяют частоту сигнал-генератора в обе стороны от номинального значения ПЧ и снимают зависимость напряжения между точками *а* и *б* от расстройки. Эта зависимость должна быть линейной в пределах $\pm$(75—100) кГц. Ее линейность и симметричность регулируются изменением сопротивлений резисторов R_3 и R_5, R_6.

При налаживании детектора отношений, выполненного по несимметричной схеме (рис. 2-74), параллельно резистору R_4 присоединяют временный делитель из двух резисторов с одинаковыми сопротивлениями 0,47—1 МОм, после чего производят регулировку, как и в случае симметричной схемы.

После настройки детекторного каскада настраивают контуры тракта усиления ПЧ по максимальному напряжению на входе детектора или ограничителя. Напряжение на входе детектора следует измерять высокочастотным вольтметром. Напряжение на ограничителе можно замерить вольтметром постоянного тока, подключая его к сетке лампы ограничителя или к резистору в цепи диода-ограничителя в транзисторном приемнике. При настройке контуров ПЧ необходимо следить за сохранением симметрии полосы пропускания относительно средней частоты, на которой выходное напряжение частотного детектора равно нулю. Ширина полосы пропускания тракта ПЧ должна быть не менее 120—180 кГц.

Настройка контуров тракта ПЧ и частотного детектора существенно облегчается при применении прибора для настройки телевизоров типа Х1-7 (ПНТ-59). Высокочастотный тракт при применении УКВ блока заводского изготовления в налаживании обычно не нуждается.



ТЕЛЕВИЗИОННЫЙ ПРИЕМ

РАЗДЕЛ 3

СОДЕРЖАНИЕ

3-1. ТИПОВАЯ СТРУКТУРНАЯ СХЕМА И ПАРАМЕТРЫ ТЕЛЕВИЗИОННЫХ ПРИЕМНИКОВ

Структурная схема приемника черно-белого изображения

Современные телевизионные приемники выполняют по супергетеродинной схеме. При этом для усиления сигналов звукового сопровождения в подавляющем большинстве телевизоров используют часть каскадов канала изображения (так называемые одноканальные телевизоры — рис. 3-1).

Смеситель и гетеродин телевизора вместе с УВЧ и переключателем, осуществляющим все переключения при переходе с приема одного телевизионного канала на другой, конструктивно объединяют в блок, который

носит название селектора телевизионных каналов или блока ПТК.

Если телевизор рассчитан на прием телевизионных программ не только на 12 каналах МВ, но и в диапазоне ДМВ (табл. 3-1), его снабжают дополнительным блоком — селектором ДМВ. Последний может входить в конструкцию телевизора либо выполняться в виде приставки к телевизору.

Таблица 3-1

Телевизионные каналы, используемые в СССР

Номер канала	Частотные границы канала, МГц	Несущая частота изображения, МГц	Несущая частота звукового сопровождения, МГц
МВ			
1	48,5—56,5	49,77	56,25
2	58—66	59,25	65,75
3	76—84	77,25	83,75
4	84—92	85,25	91,75
5	92—100	93,25	99,75
6	174—182	175,25	181,75
7	182—190	183,25	189,75
8	190—198	191,25	197,75
9	198—206	199,25	205,75
10	206—214	207,25	213,75
11	214—222	215,25	221,75
12	222—230	223,25	229,75
ДМВ			
21	470—478	471,25	477,75
22	478—486	479,25	485,75
27	518—526	519,25	525,75
28	526—534	527,25	533,75
29	534—542	535,25	541,75
30	542—550	543,25	549,75
31	550—558	551,25	557,75
32	558—566	559,25	565,75
33	566—574	567,25	573,75
34	574—582	575,25	581,75
39	614—622	615,25	621,75

Принятое изображение воспроизводится на экране кинескопа телевизора. В блоке разверток телевизора вырабатываются электрические сигналы, которые поступают в отклоняющую систему (ОС) кинескопа (рис. 3-1). В современных телевизорах используют кинескопы с отклонением электронного луча магнитным полем. Поэтому в ОС электрические сигналы преобразуются в магнитные поля, под действием которых луч в кинескопе перемещается по экрану слева направо и сверху вниз, последовательно развертывая изображение. На модулятор кинескопа из приемного блока телевизора подаются сигналы изображения, которые производят модуляцию изображения по яркости.

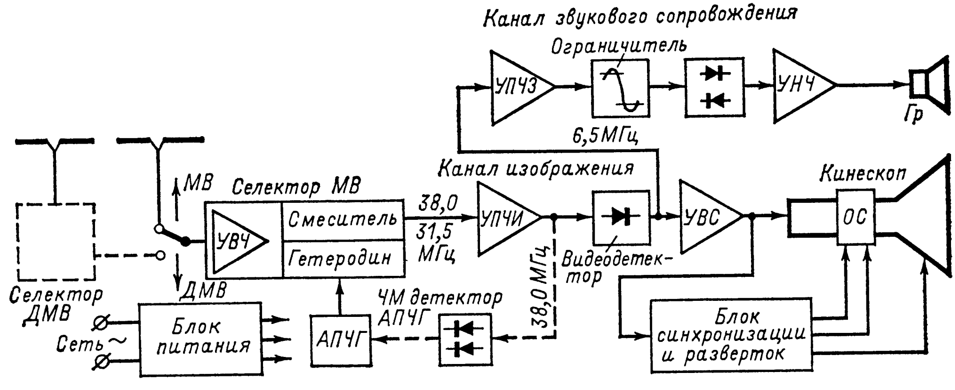


Рис. 3-1.

Блок синхронизации и разверток содержит генераторы пилообразных токов строчной (15 625 Гц) и кадровой (50 Гц) частоты. Этими токами питают катушки ОС. Импульсы для синхронизации генераторов в блоке развертки выделяются из полного телевизионного сигнала в схеме амплитудного селектора.

Напряжения, необходимые для питания ламп и транзисторов в телевизоре, вырабатываются в блоке питания, который содержит выпрямители (или батареи и преобразователь напряжения в переносных телевизорах). Высокие напряжения для питания кинескопа вырабатываются дополнительным выпрямителем, на который подаются импульсы напряжения от генератора строчной развертки.

Несущие промежуточных частот изображения и звукового сопровождения разделяются после видеодетектора. Последний выполняет также роль смесителя для несущих ПЧ звука и изображения. Поэтому на его выходе образуется сигнал совторой, более низкой несущей частотой, равной разности между несущими ПЧ изображения и звука, т. е. 38—31,5 = 6,5 МГц (или 34,25—27,75 = = 6,5 МГц). Так как одна из несущих ПЧ модулирована по амплитуде, а другая — по частоте, то разностная частота оказывается промодулированной не только по амплитуде, но и по частоте (6,5 МГц ± 75 кГц). Разностная частота, являющаяся второй промежуточной частотой звука, выделяется на выходе видеодетектора (или видеоусилителя) при помощи фильтра, настроенного на частоту 6,5 МГц, а затем усиливается, подвергается

ограничению и детектируется как и в обычном ЧМ приемнике.

Таким образом, прием звукового сопровождения производится с двойным преобразованием частоты, причем вместо сигнала второго гетеродина используется несущая ПЧ изображения. Чтобы существенно уменьшить помехи на изображении со стороны сигналов звукового сопровождения, нужно, чтобы амплитуда разностной частоты на выходе видеодетектора была в 10—20 раз меньше амплитуды видеосигнала. Участок характеристики УПЧИ в месте, где расположена несущая ПЧ звукового сопровождения, должен быть по возможности близким к горизонтальному в пределах нескольких сотен килогерц, с тем чтобы уменьшить вредную амплитудную модуляцию разностной частоты.

Параметры приемников черно-белого изображения

В табл. 3-2 приведены основные параметры телевизионных приемников черно-белого изображения; требования, предъявляемые к каналам звукового сопровождения, даны в табл. 4-1.

Таблица 3-2

Основные параметры телевизионных приемников черно-белого изображения (с учетом проекта ГОСТ)

Наименование параметра *	Классы телевизора		
	I	II	III
Размер изображения по диагонали, мм	650	610; 590 (470)	490; 470 (350)
Чувствительность по каналу изображения:			
ограниченная усилением не менее, мкВ	50	100	275
ограниченная шумами не менее, мкВ	100	100	275
Чувствительность по каналу звукового сопровождения не менее, мкВ	50	100	275
Несущая ПЧ изображения, МГц	38	38	38
Несущая ПЧ звукового сопровождения, МГц	31,5	31,5	31,5
Избирательность на частотах, отличающихся от несущей частоты изображения:			
на —1,5 МГц и ниже не менее, дБ	40	30	20
на +8МГц и выше не менее, дБ	40	30	20
Ослабление сигнала ПЧ со входа не менее, дБ	40	40	40
Уровень несущей ПЧ звукового сопровождения на характеристике УПЧИ	0,05	0,05	0,05
Угол отклонения луча кинескопа, град.	110	110	110 (70)
Входное сопротивление, Ом	75	75	75
Автоматическая регулировка усиления: уровень выходного напряжения не должен изменяться более чем на ±3 дБ при изменении напряжения на входе на величину, дБ	52	46	20
Максимальная яркость не менее, кд/м²	40	40	40
Разрешающая способность по всему полю изображения			
по горизонтали не менее, линий	500	450	350
по вертикали не менее, линий	550	500	450
Нелинейные искажения растра:			
по горизонтали не более, %	10	12	15
по вертикали не более, %	8	9	12
Контрастность в крупных деталях	40 : 1	40 : 1	30 : 1
Геометрические искажения растра:			
типа «бочка» не более, %	6	6	6
типа «подушка» не более, %	6	6	6
типа «трапеция» не более, %	1,5	1,5	1,5
типа «параллелограмм» не более, %	3	3	3
Изменение величины видеосигнала, при котором сохраняется устойчивая синхронизация, %	± 70	± 70	± 50
Уход нулевой точки характеристики частотного детектора при прогреве не более, кГц	15	20	25

* Значения параметров, указанные в скобках, относятся к телевизорам, выпускаемым по 1970 г. включительно.

Проект ГОСТ на телевизоры промышленного изготовления предусматривает также следующие требования: 1) при изменении питающих напряжений на ±10% синхронизация не должна нарушаться; 2) уровень помех, создаваемых гетеродином в телевизионном диапазоне, на расстоянии 30 м не должен превышать 15 мкВ/м; 3) в телевизорах I и II классов обязательно дистанционное управление громкостью и яркостью, стабилизация размеров изображения, автоматическое регулирование яркости, инерционная синхронизация строчной развертки.

В телевизорах I и II классов применяют АПЧГ по несущей частоте изображения, которая автоматически обеспечивает правильное расположение несущих частот на характеристике УПЧИ.

Автоматические регулировки облегчают пользование телевизором, повышают качество изображения, предотвращают повреждение деталей и узлов телевизора при перегрузках или при выходе из строя одной из деталей.

3-2. УСИЛИТЕЛИ ВЫСОКОЙ ЧАСТОТЫ И ПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ ЧАСТОТЫ

Типовые схемы УВЧ

К УВЧ, входящему в состав ПТК, предъявляются следующие основные требования: 1) минимальный уровень собственных шумов, вносимых УВЧ; 2) усиление принятого сигнала до уровня, превышающего уровень собственных шумов, следующего за УВЧ преобразовательного каскада; 3) неравномерность полосы принимаемых частот на всех каналах — от несущей изображения до несущей звука не более 2—3 дБ.

Ламповые УВЧ. Для удовлетворения перечисленных требований в УВЧ используют лампы, обладающие малыми собственными шумами и большими входными сопротивлениями. В блоке ПТК на каналы 1—12 применяют УВЧ на двух триодах по схеме заземленный катод — заземленная сетка (рис. 3-2, *а*). По сравнению с пентодами триоды обладают меньшим уровнем собственных

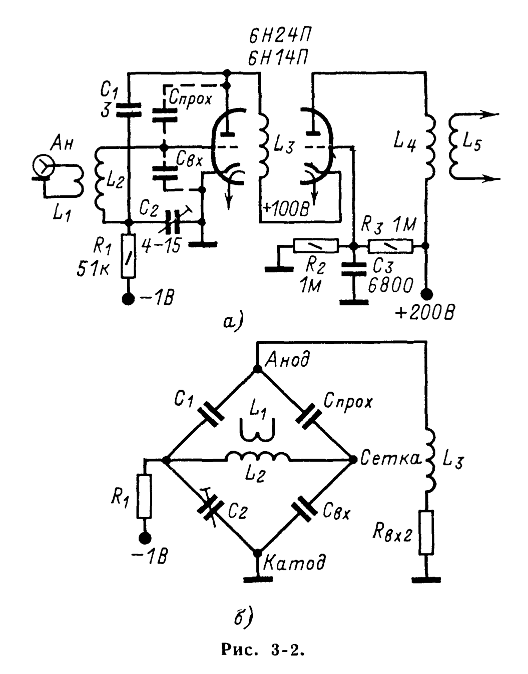


Рис. 3-2.

шумов, однако из-за большей проходной емкости сетка — анод триоды могут устойчиво работать или в обычной схеме УВЧ с заземленным катодом при нейтрализации указанной емкости, или в схеме с заземленной сеткой, где проходная емкость катод—анод существенно меньше. Устойчивую нейтрализацию удается осуществить при малом усилении каскада, поэтому необходим второй каскад УВЧ с малым уровнем собственных шумов. Схема с заземленной сеткой обладает малым входным сопротивлением ($R_{вх} = 1/S$), и при подключении ее к входному контуру он будет сильно зашунтирован этим сопротивлением.

В УВЧ, построенном по «каскодной» схеме (заземленный катод — заземленная сетка), анодной нагрузкой первого триода является цепь катод — заземленная сетка второго. Поэтому усиление, даваемое первым триодом, мало, но его входное сопротивление относительно велико и нейтрализация проходной емкости устойчива. Основное усиление обеспечивается вторым триодом с заземленной сеткой. Устойчивое усиление можно получить и без нейтрализации проходной емкости первого триода, однако нейтрализация уменьшает обратную связь через эту емкость и снижает собственные шумы УВЧ.

Для нейтрализации проходной емкости $C_{прох}$ первого триода каскодного УВЧ используют мост, образованный емкостями C_1, C_2, $C_{прох}$ и $C_{вх}$ (рис. 3-2, *б*). Триоды в каскодной схеме выгодно соединять по постоянному току последовательно. Этот режим определяется делителем R_2R_3, напряжение с которого, приложенное к сетке второго триода, повторяется им как катодным повторителем в его катодной цепи.

Катушка индуктивности L_3 вместе с выходной емкостью первого триода образует последовательный колебательный контур, нагруженный на входное сопротивление второго триода. Это дает возможность лучше согласовать входное сопротивление второго триода с выходным сопротивлением первого и повысить общее усиление схемы. В качестве нагрузки в анодную цепь второго триода может включаться одиночный контур или полосовой фильтр.

При слабом принимаемом сигнале первые каскады УВЧ полезно расположить не в телевизоре, а непосредственно у антенны. При передаче по длинному кабелю усиленного сигнала удается ослабить влияние шумов и помех, наводимых на кабель, и улучшить отношение сигнал/шум на входе телевизора. В этом случае согласование выходного сопротивления УВЧ с волновым сопротивлением кабеля осуществляется трансформатором, образованным катушками индуктивности L_4 и L_5.

Для работы в УВЧ по каскодной схеме специально разработаны двойные триоды 6Н14П и 6Н24П, отличающиеся повышенной крутизной, малым уровнем шумов и сравнительно большим входным сопротивлением на высших частотах телевизионного диапазона.

Транзисторные УВЧ. Обычно в УВЧ малогабаритных и переносных телевизоров транзистор включают по схеме ОЭ. Так как входное сопротивление транзистора в этой схеме выше, чем в схеме с заземленной базой, то удается лучше согласовать его с входным контуром. Для устойчивой работы такого УВЧ применяется нейтрализация внутренней обратной связи, возникающей в транзисторе за счет емкости коллекторного перехода. С этой целью в схему введена цепь внешней обратной связи, через которую

передается напряжение из выходной цепи во входную в противофазе по отношению к напряжению, передаваемому через внутреннюю обратную связь.

В схемах на рис. 3-3 элементом нейтрализации служит емкость $C_н$. Получить противофазное (по отношению к коллекторному) напряжение для цепи нейтрализации удается, заземлив среднюю точку контура $L_1C_1C_2$ (рис. 3-3, *а*) или снимая это напряжение с дополнительной катушки L_2, связанной с контуром L_1C_1. В схеме на рис. 3-3, *б* емкость $C_н$ зависит от коэффициента трансформации и связи между катушками L_1 и L_2, а в схеме на рис. 3-3, *а* — от отношения емкостей конденсаторов C_1 и C_2. Подавая напряжение сигнала от генератора на коллектор транзистора, подбирают такую емкость $C_н$, чтобы напряжение сигнала во входной цепи, измеренное ламповым милливольтметром, было минимально. Наименьший уровень внутренних шумов УВЧ на транзисторе достигается при токе коллектора 2—3 мА.

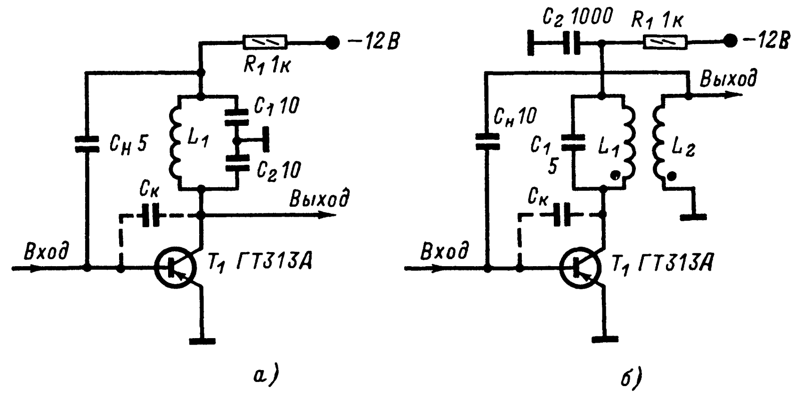


Рис. 3-3.

Типовые схемы преобразователей частоты

Многосеточные лампы (пентагриды или гептоды) из-за высокого уровня внутренних шумов и малой крутизны преобразования на высоких частотах в преобразователях частоты телевизоров не применяются.

Ламповые преобразователи частоты. В ПТК телевизора на каналы 1—12 преобразователь состоит из односеточного смесителя, обладающего наименьшими внутренними шумами, и отдельного гетеродина по схеме емкостной трехточки на триоде $Л_1$ (рис. 3-4). Напряжения с частотами сигнала (с катушки контура L_2) и гетеродина (через конденсатор C_2) подаются на одну и ту же сетку пентода лампы $Л_1$, работающего смесителем. Благодаря этому обеспечиваются малый уровень внутренних шумов смесителя и высокая крутизна преобразования.

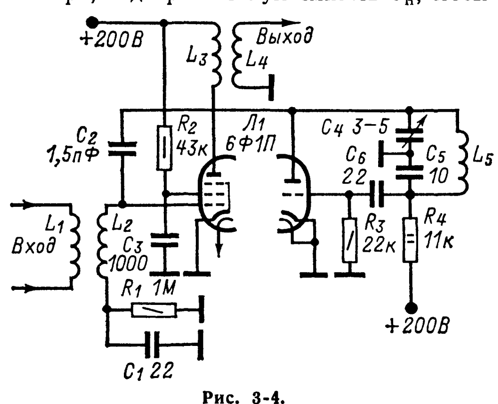


Рис. 3-4.

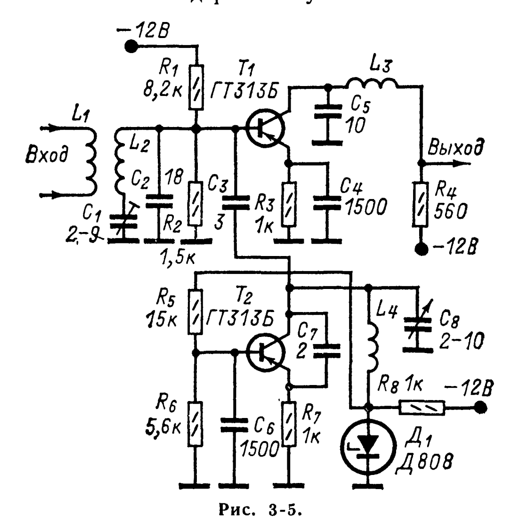


Рис. 3-5.

Транзисторные преобразователи частоты (рис. 3-5). Транзистор T_1 работает в смесителе, а T_2 — в гетеродине. Транзистор смесителя включен по схеме ОЭ, так как коэффициент преобразования такого смесителя выше, чем у смесителя по схеме ОБ. Режим работы смесителя выбирается из соображений получения максимального коэффициента преобразования (величина внутренних шумов

смесителя не имеет такого значения, как в УВЧ). Связь между УВЧ и смесителем может быть индуктивной или емкостной. Максимальный коэффициент преобразования обеспечивается при напряжении от гетеродина 200—300 мВ.

Гетеродин выполнен по схеме емкостной трехточки, в которую входят емкости коллекторного и эмиттерного переходов. Обратная связь осуществляется через небольшую емкость C_7. Стабильность частоты хуже, чем в ламповой схеме, и зависит от температурных свойств транзистора и элементов схемы гетеродина. Для ее улучшения применяют конденсаторы C_7 и C_8 с отрицательными ТКЕ. Чтобы генерируемая частота не зависела от напряжения питания, его стабилизируют при помощи стабилитрона $Д_1$.

3-3. УСИЛИТЕЛИ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ ЧАСТОТЫ ИЗОБРАЖЕНИЯ И ЗВУКОВОГО СОПРОВОЖДЕНИЯ

Типовые схемы ламповых УПЧИ

Основное требование к УПЧИ сводится к хорошей форме частотной характеристики и избирательности при широкой полосе передаваемых частот и передаче лишь одной боковой части этой полосы. Кроме того, предъявляются дополнительные требования к фазовой характеристике, т. е. к фазовым искажениям.

Форма частотной характеристики выбирается такой, чтобы обеспечить наименьшие искажения на низких частотах, которые могут возникнуть из-за частичного подавления одной боковой полосы частот при передаче, а также чтобы уменьшить помехи от телецентров, работающих на соседних каналах, и устранить помехи от сигнала $f_{зв}$ передаваемого спектра (рис. 3-6, *а*). Усилитель усиливает лишь часть передаваемого спектра частот, определяемую формой его частотной характеристики (рис. 3-6, *б*). При этом несущая ПЧ изображения должна располагаться на середине правого пологого склона характеристики. Недостаточный уровень (менее 100%) частот, расположенных слева поблизости от несущей, компенсируется некоторым пропусканием этих частот справа от несущей. В результате суммарный уровень всех низких частот приводится к 100%.

Крутизна склонов частотной характеристики и избирательность УПЧИ связаны между собой. Для обеспечения наименьших фазовых искажений крутизну правого склона нельзя делать слишком высокой. Вследствие нелинейности фазовой характеристики (участки *аб* и *вг* на рис. 3-6, *в*) частотные составляющие сигнала отстают друг от друга по фазе неравномерно, т. е. нелинейно задерживаются во времени. В результате синусоидальные составляющие видеосигнала складываются с опережением или с запаздыванием фазы, и форма принятого видеосигнала искажается — на нем появляются всплески — положительные или отрицательные выбросы. Это приводит к появлению светлых или темных «окантовок» справа или слева от контуров изображения.

Если положение несущей ПЧ изображения на правом склоне характеристики изменить так, чтобы она расположилась на уровне 0,2—0,3 (рис. 3-6, *б*), то усиление высоких частот (по отношению к низким) будет велико; четкость при этом может возрасти, но появятся фазовые искажения (неестественная выпуклость деталей изображения и повторы). Высокий уровень несущей

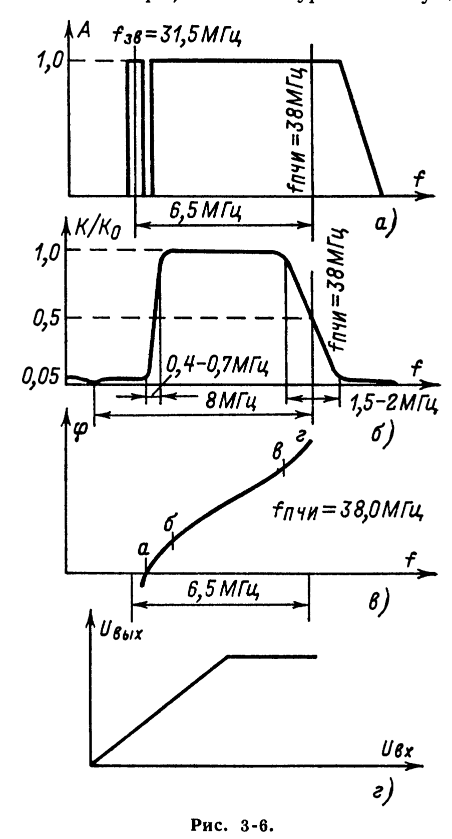


Рис. 3-6.

приводит к подъему средних и низких частот (за деталями изображения тянутся серые полосы).

В одноканальных телевизорах для получения разностной ПЧ звукового сопровождения (6,5 МГц) несущая ПЧ звукового сопровождения (31,5 МГц) должна проходить через общий УПЧИ на уровне 0,05—0,1 от левого склона частотной характеристики. Этот участок характеристики должен иметь вид плоской ступени, иначе частотно-модулированный сигнал звукового сопровождения будет преобразован в амплитудно-модулированный и на изображении появятся помехи от звука.

Амплитудная характеристика УПЧИ должна быть линейной (рис. 3-6, *г*). Из-за амплитудных искажений полутона в изображении будут передаваться неверно, могут

нарушаться амплитудные соотношения между частотными составляющими спектра и могут появиться новые частотные составляющие. Амплитудные искажения могут появиться из-за ограничения усиленных сигналов в последнем каскаде УПЧИ, а также из-за перегрузки УПЧИ при неправильной работе АРУ.

Коэффициент усиления УПЧИ должен быть таким, чтобы при минимальном уровне принятого сигнала, определяемом чувствительностью телевизора, амплитуда напряжения, подводимого к детектору, достигала нескольких вольт. Это необходимо для того, чтобы детектирование происходило на линейном участке характеристики диодного детектора.

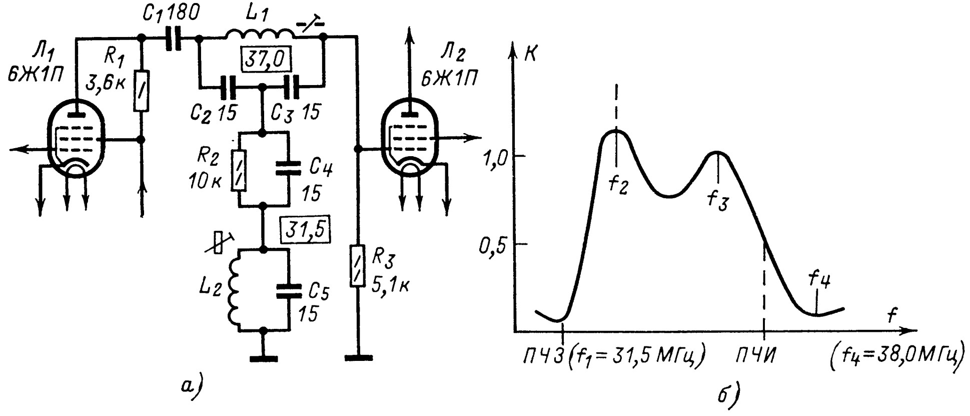


Рис. 3-7.

Каскады с двухконтурными асимметричными фильтрами, катушки которых наматывают на общий каркас в два провода, проще настраиваются, чем каскады с полосовыми фильтрами. Из-за сильной связи между катушками максимумы резонансной кривой сильно разнесены и разнятся по амплитуде. Для формирования частотной характеристики УПЧИ используют лишь более интенсивный максимум, а слабый максимум, находящийся далеко за пределами полосы пропускания, не используется. При этом частотная характеристика УПЧИ формируется так же, как при использовании каскадов с одиночными контурами, но схема из-за отсутствия переходных емкостей оказывается более простой. Из-за того что выходная емкость предыдущего и входная емкость последующего каскадов оказываются разделенными, усиление, даваемое такой схемой, больше. Необходимая избирательность обеспечивается комбинированным включением режекторных контуров и фильтров-пробок. Простота формирования необходимой частотной характеристики и небольшая величина фазовых искажений определили использование такого УПЧИ, например, в телевизорах «Темп-6» и «Темп-7».

Каскад с Т-фильтром (рис. 3-7, *а*). Анодная нагрузка этого каскада состоит из двух резонансных систем, одна из которых представляет собой фильтр верхних частот, обладающий резонансом токов в параллельном контуре L_2C_5 на частоте f_2 (рис. 3-7, *б*), где усиление каскада максимально, и резонансом напряжений в последовательном контуре L_2C_4 на частоте f_1 (вследствие чего усиление на этой частоте минимально). Элементы схемы подобраны так, что минимум усиления получается на несущей ПЧЗ (f_1 = 31,5 МГц). Настройка на эту частоту не зависит от междуэлектродных емкостей ламп, и поэтому при их смене положение минимума не меняется.

Вторая резонансная система Т-фильтра является фильтром нижних частот и обладает также двумя резонансами. На частоте f_4 резонанса токов в параллельном контуре $L_1C_2C_3$ усиление каскада минимально, а на частоте f_3, где происходит резонанс токов в контуре, образованном катушкой L_1 с последовательно соединенными емкостями $C_{вых1}$ и $C_{вх2}$, усиление максимально. Частота f_3 ниже частоты f_4, так как емкость в контуре $L_1C_{вых1}C_{вх2}$ больше, чем в контуре $L_1C_2C_3$. Благодаря отмеченным особенностям характеристика Т-фильтра имеет достаточно крутые склоны и обеспечивает минимумы усиления на необходимых частотах без применения отдельных режекторных контуров. При балансе моста, образованного емкостями $C_{вых1}C_2C_3C_{вх2}$, настройка контура с катушкой L_1, включенной в одну диагональ этого моста, совершенно не влияет на настройку контура L_2C_5, включенного в другую диагональ, что является достоинством каскада с Т-фильтром. Недостаток, выражающийся в увеличении фазовых искажений у границ полосы пропускания, ограничивает применение таких каскадов в телевизорах повышенного класса.

Каскад с М-фильтром (рис. 3-8) применяется в УПЧИ телевизоров класса III. Контуры с катушками L_1 и L_3 экранированы и связь между ними осуществляется с помощью режекторных контуров L_2C_4 и L_4C_5. Последние настраивают на несущую ПЧ звукового сопровождения и несущую изображения соседнего канала (39,5 МГц). На часто-

тах режекции сопротивление этих контуров понижается, связь между контурами фильтра и усиление каскада падают. На частотах в середине полосы пропускания сопротивление одного режекторного контура индуктивного характера, а другого — емкостного. Эти реактивности компенсируют друг друга, и сопротивление связи носит почти активный характер. Сопротивление резистора R_4 ухудшает добротность фильтра и уменьшает неравномерности частотной характеристики.

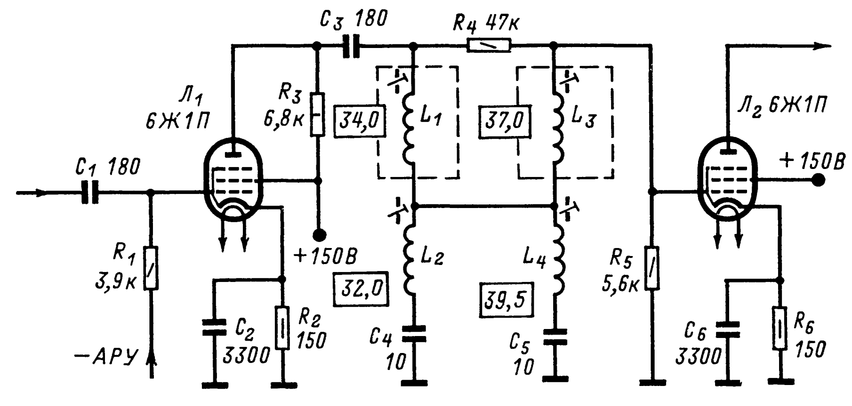


Рис. 3-8.

Достоинства М-фильтра по сравнению с Т-фильтром: больший коэффициент усиления каскада, более равномерная характеристика в полосе пропускания и более линейная фазовая характеристика на границах этой полосы, недостатки —меньшая избирательность и сложность настройки из-за взаимного влияния настройки контуров.

Каскад с П-фильтром (рис. 3-9) обладает высоким усилением, не зависящим от величины связи между его контурами. Контуры L_1C_2 и L_3C_4 настроены на разные частоты и связаны через последовательный контур L_2C_3. Этот контур формирует правый склон частотной характеристики, а контур L_1C_2 — левый ее склон. На частотах настройки контура L_3C_4 компенсируется завал в середине частотной характеристики. Чтобы контуры L_1C_2 и L_3C_4 не вносили в контур L_2C_3 большое затухание, последний подключен к ним по схеме автотрансформатора. Коэффициент передачи из-за такого подключения контура L_2C_3 не уменьшается, так как напряжение, пониженное в контуре L_1C_2, повышается в контуре L_3C_4. Достоинства каскада с П-фильтром: линейность фазовой характеристики, широкая и равномерная полоса пропускания, высокое усиление; недостатки: сложность настройки и критичность к смене ламп.

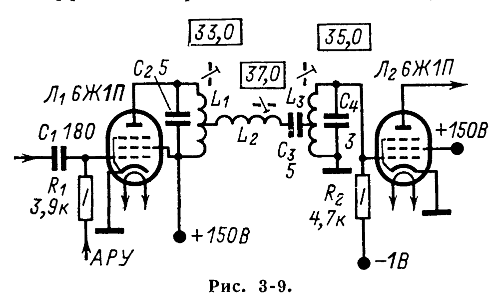


Рис. 3-9.

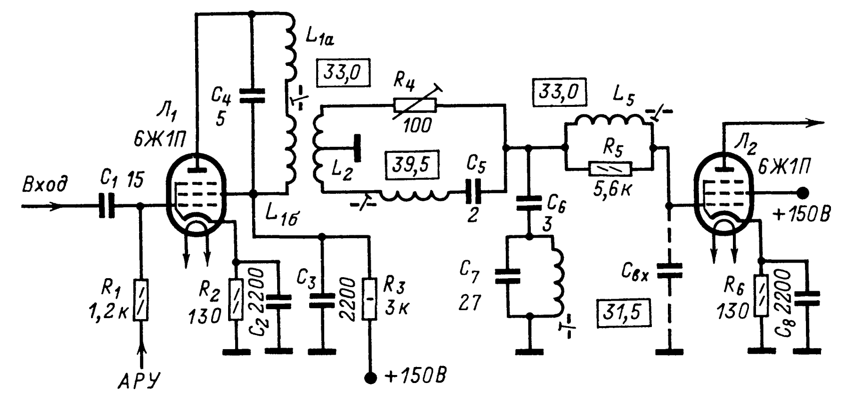


Рис. 3-10.

Каскад с фильтром типа «дифференциальный мост» (рис. 3-10) имеет линейную фазовую характеристику в области ПЧ изображения и обеспечивает хорошее подавление помех за пределами полосы пропускания. Контуры фильтра L_1C_4 и $L_5C_{вх}$ настроены на среднюю частоту полосы пропускания УПЧИ и связаны между собой при помощи мостовой схемы, образованной половинами индуктивности L_2, индуктивностью L_3 с емкостью C_5 и резистором R_4. Сопротивление резистора R_4 выбирается равным эквивалентному сопротивлению последовательного контура L_3C_5, и поэтому на его резонансной частоте мост оказывается сбалансированным, а коэффициент передачи фильтра — минимальным. В полосе пропускания контуры L_1C_4 и $L_5C_{вх}$ связаны в основном через половину индуктивности L_2 и через резистор R_4, так как сопротивление контура L_3C_5 здесь велико и носит комплексный характер. Контур L_3C_5 настраивают на частоту, отличающуюся от ПЧ изображения на +1,5 МГц (несущая ПЧ звука соседнего канала). Режекторный контур L_4C_7 настраивается на несущую ПЧ звука (31,5 МГц). Благодаря резкому спаду частотной характеристики в районе ПЧ звука, малым фазовым искажением на частотах, близких к ПЧ изображения, и глубокому подавлению помех на частотах режекции каскад с фильтром типа «дифференциальный мост» применяется в телевизорах классов I и II.

Усилители промежуточной частоты изображения на транзисторах

Из-за относительно низкого входного сопротивления транзисторов и нестабильности емкостей переходов при изменении температуры и питающих напряжений принципы формирования частотной характеристики в УПЧИ на транзисторах отличаются от принципов, применяемых в ламповых УПЧИ. Транзисторные УПЧИ делают апериодическими или с сильно зашунтированными контурами в междукаскадных связях. Необходимую частотную характеристику в таких УПЧИ формирует ФСС (рис. 3-11). Для уменьшения вероятности самовозбуждения из-за связи через проходные емкости транзисторов коэффициент усиления каждого каскада УПЧИ делают небольшим или применяют каскодное включение транзисторов. Режим транзисторов T_2, T_3 и T_4 задан делителями R_4R_5 и R_7—R_9. На базу транзистора T_1 подается напряжение от схемы АРУ (рис. 3-11). Если это напряжение равно +6 В, то усиление каскада с транзисторами T_1 и T_2 максимально.

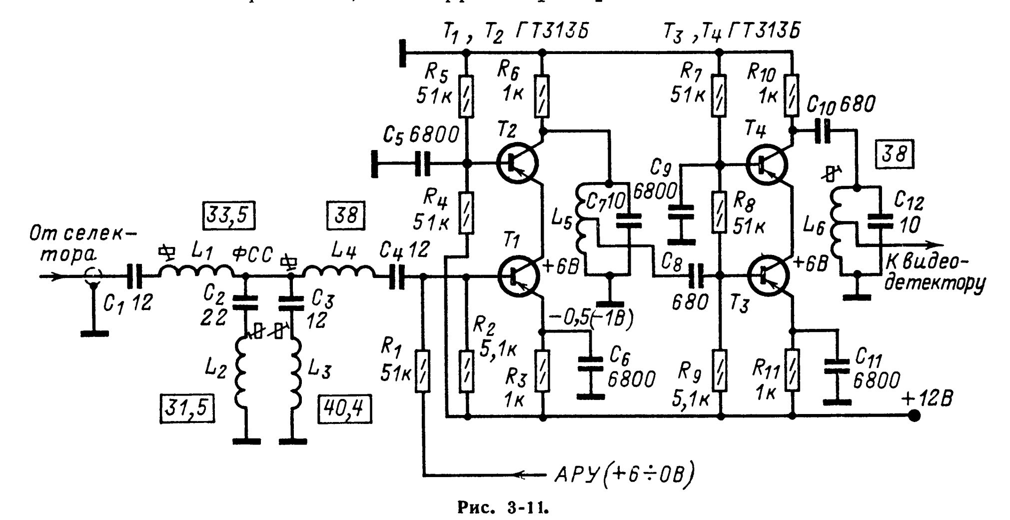


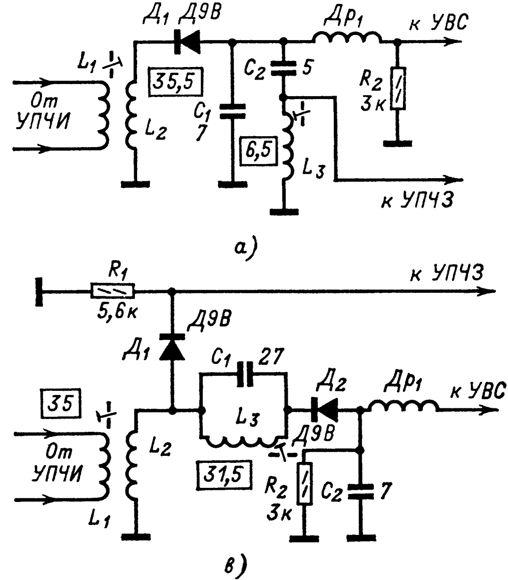
Рис. 3-11.

Контуры L_5C_7 и L_6C_{12}, сильно зашунтированные резисторами R_6R_{10} и входными сопротивлениями последующих каскадов, обладают резонансными характеристиками с очень пологими склонами. В имеющемся на входе УПЧИ ФСС последовательные резонансные контуры L_1C_1 и L_4C_4 формируют характеристику в полосе пропускания и хорошо согласуются с выходным сопротивлением блока ПТК и входным сопротивлением транзистора T_1. Контуры L_2C_2 и L_3C_3 — режекторные, настроены соответственно на ПЧ звука принимаемого и соседнего каналов.

Типовые схемы УПЧЗ. В каскадах УПЧЗ применяют одиночные и полосовые фильтры со связью между контурами несколько выше критической. В последнем случае удается получить частотную характеристику с крутыми склонами и почти плоской вершиной. В одноканальных телевизорах контуры УПЧЗ настраивают на разностную частоту 6,5 МГц. Ширина полосы пропускания УПЧЗ 200—500 кГц. Видеодетектор выделяет видеосигнал и преобразует сигнал ПЧ звука в частотно-модулированный сигнал разностной частоты. Последний отделяют от видеосигнала на выходе видеодетектора либо после видеоусилителя. Чтобы уменьшить помехи, амплитуда сигнала ПЧ звукового сопровождения на выходе УПЧИ должна быть в 5—10

раз меньше амплитуды сигнала ПЧ изображения.

В схемах рис. 3-12, *а* и *б* сигнал разностной частоты отделяется при помощи режекторного контура, включенного на выходе видеодетектора или видеоусилителя и настроенного на разностную частоту 6,5 МГц. Схему по рис. 3-12, *б* применяют в телевизорах класса III. Благодаря тому что в этом случае сигнал разностной частоты усиливается в видеоусилителе, схема УПЧЗ может содержать меньшее количество каскадов. Однако из-за дополнительной модуляции разностной частоты в видеоусилителе качество звукового сопровождения здесь ниже, чем при использовании схемы рис. 3-12, *а*. В некоторых телевизорах классов I и II для выделения сигнала разностной частоты используют схему с отдельным детектором на диоде $Д_1$ (рис. 3-12, *в*). Это дает возможность подавить с помощью дополнительного фильтра L_3C_1 сигнал ПЧ звука и не пропустить его на вход видеодетектора. В этом случае сигнал разностной частоты, заметный на изображении в виде помехи, не выделяется на выходе видеодетектора и отсутствует в видеоусилителе. Кроме того, исключаются помехи на изображении от сигнала с частотой биений между несущей звука и цветовыми поднесущими при приеме цветной телевизионной передачи.



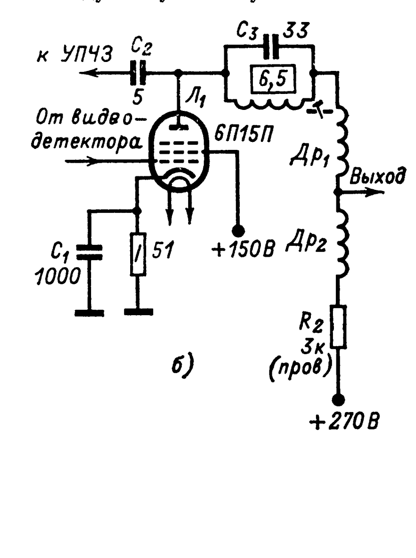


Рис. 3-12.

Схемы ограничителей, частотных детекторов и УНЧ в канале звука аналогичны схемам, используемым в радиовещательных ЧМ приемниках (см. § 2-8, 4-2 и 4-3).

3-4. ВИДЕОДЕТЕКТОРЫ И ВИДЕОУСИЛИТЕЛИ

Типовые схемы видеодетекторов и видеоусилителей ламповых телевизоров

Видеодетектор, как правило, выполняют на точечном германиевом диоде с малой проходной емкостью (Д2А, Д2Б и т. п.). Видеодетектор выделяет видеосигнал, которым промодулирована несущая ПЧ изображения. Конденсатор C_1 на выходе видеодетектора (рис. 3-13) отфильтровывает сигнал ПЧ от

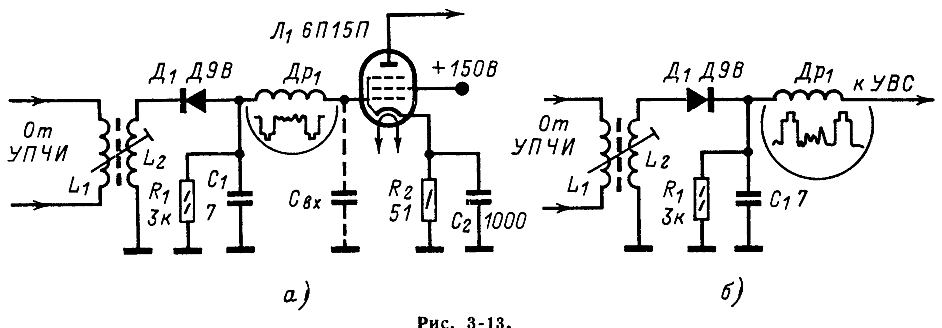


Рис. 3-13.

видеосигнала. Иногда роль этого конденсатора выполняет емкость монтажа или входная емкость следующего за видеодетектором видеоусилителя. Чтобы напряжение на этом конденсаторе успевало измениться по закону огибающей видеосигнала, постоянная времени нагрузки видеодетектора не должна превышать 0,03 мкс.

Обычно $R_1 = 2 \div 3$ кОм, $C_1 = 5 \div 10$ пФ. В зависимости от полярности включения диода на выходе видеодетектора можно выделить видеосигнал положительной (рис. 3-13, *б*) или отрицательной полярности (3-13, *а*). Дрсссель $Др_1$ с входной емкостью лампы $C_{вх}$ образует колебательный контур, настроенный на высшие составляющие видеосигнала, которые «заваливаются» на нагрузке детектора. Дроссель $Др_1$ осуществляет высокочастотную коррекцию видеосигнала и предотвращает проникновение сигнала ПЧ на вход видеоусилителя.

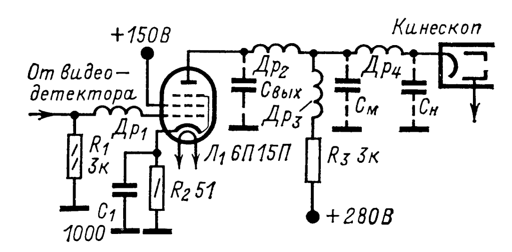


Рис. 3-14.

Видеоусилитель чаще всего однокаскадный (рис. 3-14). Видеосигнал на его входе должен иметь амплитуду в несколько вольт; в этом случае нелинейные искажения из-за нелинейности начального участка характеристики диода в видеодетекторе менее заметны. К нагрузке видеоусилителя подключены выходная емкость лампы $C_{вых}$, монтажные емкости $C_м$ и емкость цепи модулятора кинескопа $C_н$. Чтобы коэффициент усиления видеоусилителя из-за шунтирующего действия этих емкостей на высоких частотах не сильно уменьшался, сопротивление резистора в цепи анода лампы выбирают в пределах 2—8 кОм. Кроме того, в цепь нагрузки видеоусилителя включают корректирующие дроссели $Др_2$ — $Др_4$, которые вместе с указанными емкостями образуют колебательные контуры, настроенные на высшие частоты видеосигнала. Благодаря этому удается не только скорректировать падение, но даже создать некоторый подъем усиления на высоких видеочастотах.

В схемах сложной коррекции включают два или три дросселя. Дроссель $Др_2$ образует колебательный контур с емкостями $C_{вых}$ и $C_м$, дроссель $Др_3$ — емкостью $C_м$, а дроссель $Др_4$ — с емкостями $C_м$ и $C_н$. Так как дроссели $Др_2$ и $Др_4$ включены последовательно между источником выходного сигнала лампой и модулятором кинескопа, то они составляют схему последовательной коррекции. Дроссель $Др_3$, включенный параллельно источнику сигнала, входит в цепь параллельной коррекции. Благодаря этому частотная характеристика видеоусилителя на высоких частотах видеосигнала не «заваливается», а даже имеет некоторый подъем, что положительно сказывается на четкости изображения.

Чтобы при ограниченной величине сопротивления резистора нагрузки получить достаточное усиление, в видеоусилителях применяют лампы с повышенной крутизной характеристики (6П15П, 6Ф4П, 6П9). Для полной модуляции кинескопа достаточно напряжение видеосигнала в 40—60 В, однако амплитудная характеристика видеоусилителя с учетом старения ламп должна быть линейной до 80—100 В.

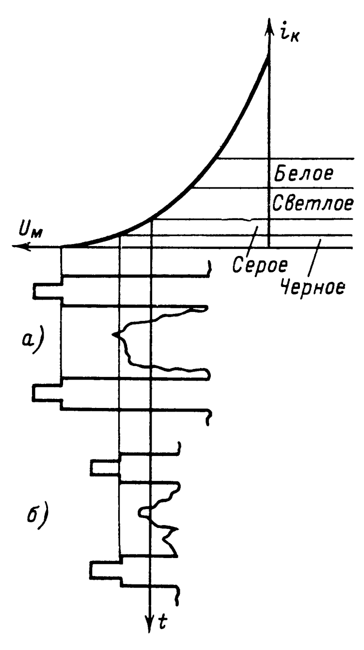


Рис. 3-15.

Постоянная составляющая видеосигнала передается с выхода видеодетектора до модулятора кинескопа благодаря отсутствию переходных емкостей в видеоусилителе. Необходимость передачи постоянной составляющей поясняется рис. 3-15. Если в видеосигнале, модулирующем кинескоп, отсутствует постоянная составляющая, то яркость деталей воспроизводимого изображения не будет соответствовать оригиналу. Это происходит из-за того, что уровень напряжения на модуляторе кинескопа, соответствующий черному в воспроизводимом изображении, будет меняться в зависимости от средней освещенности передаваемого изображения. В результате при передаче слабо освещенного изображения (рис. 3-15, *б*) черные детали будут воспроизведены как серые, а серые — как светлые. При передаче ярко освещенного изображения серые детали станут черными, а белые могут стать серыми (рис. 3-15, *а*).

Если постоянная составляющая видеосигнала передается без потерь вплоть до

модулятора кинескопа, то однажды установленный уровень черного не меняет своего положения на характеристике кинескопа в течение всей передачи.

Типовые схемы видеодетекторов и видеоусилителей транзисторных телевизоров

Видеодетекторы в транзисторных телевизорах выполняются по тем же схемам, что и в ламповых, однако из-за того что на вход транзисторного видеоусилителя необходимо подать сигнал амплитудой всего несколько десятых вольта (обусловливается характеристиками транзисторов), в видеодетекторе в этом случае применяют полупроводниковые диоды, обеспечивающие линейное детектирование столь малых сигналов (например, Д311).

Большое внимание приходится уделять согласованию нагрузочного сопротивления детектора с относительно низким входным сопротивлением транзистора в видеоусилителе. По этой причине между видеодетекто-

ченное от отдельного импульсного выпрямителя на диоде $Д_2$, подключенного к повышающей обмотке ТВС.

В транзисторных телевизорах модулирующий сигнал всегда подают на катод кинескопа, так как в этом случае изменяется разность потенциалов между модулятором и первым анодом кинескопа. При подаче сигнала на модулятор изменяется разность потенциалов между модулятором и катодом, а между катодом и первым анодом — не изменяется. Глубина модуляции в первом случае на 20—25% выше, чем во втором, и от видеоусилителя требуется меньшее выходное напряжение.

3-5. УСТРОЙСТВА СИНХРОНИЗАЦИИ И РАЗВЕРТКИ ИЗОБРАЖЕНИЯ

Селектор импульсов синхронизации

Амплитуда синхроимпульсов составляет 25% максимального размаха полного телевизионного сигнала. Так как для получения

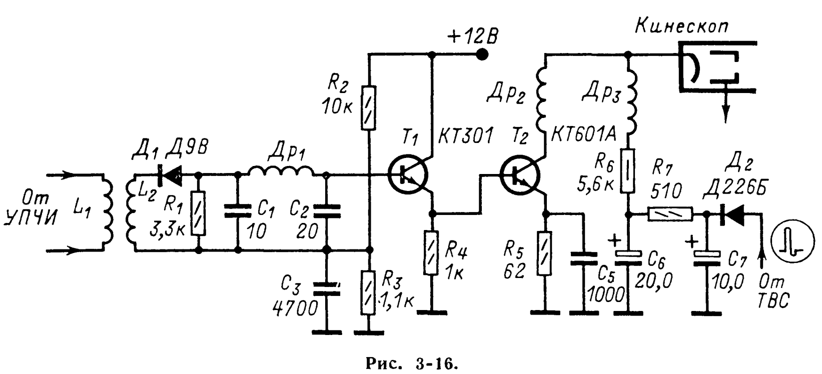


Рис. 3-16.

ром и усилительным каскадом включают эмиттерный повторитель (каскад с эмиттерной нагрузкой), не дающий усиления по напряжению, но выполняющий роль трансформатора сопротивлений (рис. 3-16). Входное сопротивление эмиттерного повторителя на транзисторе T_1 в β раз больше его сопротивления нагрузки R_4, и это дает возможность исключить шунтирование нагрузки видеодетектора низким входным сопротивлением видеоусилителя (транзистор T_2).

Видеоусилитель обычно содержит один каскад на транзисторе T_2 (рис. 3-16), включённом по схеме ОЭ, и должен развивать выходное напряжение амплитудой в несколько десятков вольт.

Хотя для транзисторных телевизоров разработаны кинескопы, для модуляции которых достаточно напряжение видеосигнала амплитудой 20—40 В, в видеоусилителях приходится применять специальные транзисторы, которые могут работать при напряжении на коллекторе 50—100 В. В переносных транзисторных телевизорах, где напряжение питания всех остальных транзисторов обычно равно 12 В, для питания видеоусилителя используют напряжение, полу-

изображения нормальной контрастности на модулирующий электрод кинескопа подается видеосигнал амплитудой 40—60 В, то амплитуда синхроимпульсов в полном сигнале составляет 10—20 В. Напряжение полного телевизионного сигнала с синхроимпульсами положительной полярности с выхода видеоусилителя подается на управляющую сетку пентода (рис. 3-17, *а*). Напряжение на экранной сетке и на аноде выбирается небольшим. При этом анодный ток прекращается при отрицательном напряжении на управляющей сетке $U_{c1} \leqslant 7{,}5 \div 10$ В. Положительные импульсы синхронизации вызывают появление сеточных токов, которые заряжают конденсатор C_1 до напряжения, равного амплитуде полного видеосигнала. Благодаря этому пентод оказывается закрытым этим напряжением и открывается только синхроимпульсами, амплитуда которых превышает напряжение отсечки. В анодной цепи пентода $Л_1$ получаются импульсы тока, соответствующие импульсам синхронизации (рис. 3-17, *б*).

Постоянная времени цепи R_1C_1 имеет большую величину с тем, чтобы напряжение на обкладках конденсатора C_1 и на управляю-

щей сетке пентода не уменьшалось в промежутках между синхроимпульсами. При этом импульсные помехи, превышающие по амплитуде синхроимпульсы, создадут сеточный ток, который зарядит конденсатор C_1 до большого отрицательного напряжения. И пока конденсатор не разрядится, лампа будет заперта. Поэтому ряд синхроимпульсов не воспроизводится в анодной цепи и синхронизация может нарушиться. Для того чтобы избежать этого, в цепь управляющей сетки пентодной части лампы $Л_1$ включена цепь из резистора R_2 и конденсатора C_2. Емкость этого конденсатора значительно меньше емкости конденсатора C_1. Поэтому во время действия импульсов помех с большой амплитудой конденсатор C_2 заряжается и разряжается через резистор R_2 значительно быстрее конденсатора C_1. В результате сразу же после окончания помехи на управляющей сетке лампы устанавливается нормальное смещение.

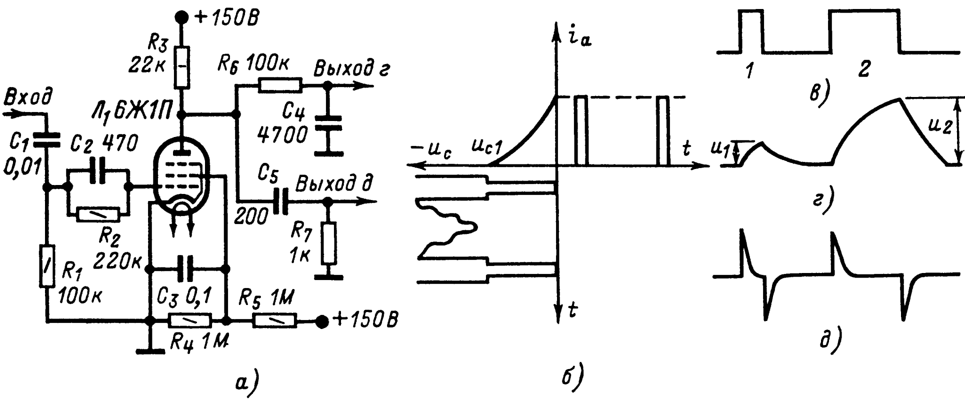


Рис. 3-17.

С выхода селектора отделенные от видеосигнала синхроимпульсы поступают на цепи разделения R_6C_4 и C_5R_7.

Цепи разделения синхроимпульсов. Чтобы использовать синхроимпульсы для синхронизации генераторов развертки луча кинескопа по строкам и по кадрам — необходимо разделить их на строчные и кадровые. Отделение кадровых синхроимпульсов, имеющих большую длительность, производится интегрирующей цепочкой R_6C_4. Ее постоянная времени выбирается такой, что за время кадрового синхроимпульса *2* конденсатор C_4 успевает зарядиться (накопить заряд) через резистор R_6 до полного напряжения u_2 (рис. 3-17, *в* и *г*), а за более короткое время строчного синхроимпульса *1* заряд конденсатора оказывается малым (u_1). В результате на выходе *г* интегрирующей цепочки выделяются импульсы кадровой синхронизации (рис. 3-17, *г*).

Для выделения импульсов строчной синхронизации служит дифференцирующая (укорачивающая) цепочка, состоящая из конденсатора C_5 и резистора R_7. Конденсатор C_5 быстро заряжается во время прихода синхроимпульса и также быстро разряжается после его окончания. В результате ток заряда и разряда конденсатора C_5 создает падение напряжения на резисторе R_7 (выход *д*) в виде укороченных импульсов (рис. 3-17, *д*), которые и используются для синхронизации генератора строчной развертки.

Иногда после селектора до цепей разделения синхроимпульсов или после одной из них включают усилительный каскад на триоде, в котором происходит дополнительное ограничение синхроимпульсов, а также изменяется их полярность. Если такой каскад включить после одной из цепей разделения, то влияние генераторов развертки друг на друга, возникающее через цепи разделения, устраняется.

Селектор импульсов синхронизации на транзисторах содержит 2—4 каскада. Уровень помех при приеме на встроенную в телевизор антенну в условиях города бывает очень высок. Поэтому перед каскадом, в котором происходит отделение синхроимпульсов, включают один или два каскада, предварительно ограничивающих сигнал и помехи. Иногда после отделения синхроимпульсы усиливаются и ограничиваются в дополнительных каскадах, входящих в схему селектора.

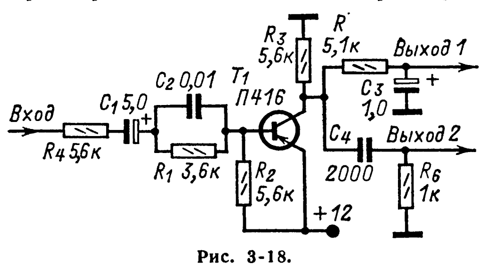


Рис. 3-18.

Схема каскада, в котором происходит отделение синхроимпульсов, приведена на рис. 3-18. Этот каскад может использоваться в качестве селектора в любительских телевизорах на транзисторах. При отсутствии сигнала на входе транзистор заперт, так как на его базу не подается напряжение смещения.

Во время действия синхроимпульсов отрицательной полярности, содержащихся во входном сигнале, транзистор отпирается, в цепи базы протекает ток, заряжающий конденсатор C_1, и к базе транзистора оказывается приложенным положительный знак напряжения, до которого заряжается конденсатор. В результате ток в цепи коллектора протекает лишь во время отпирания транзистора вершинами синхроимпульсов, и на резисторе R_3 появляются синхроимпульсы, отделенные от видеосигнала.

Для уменьшения влияния импульсных помех в цепь базы транзистора, так же как и в пентодном селекторе, включена цепь R_1C_2. Резистор R_4 необходим для того, чтобы большая входная емкость селектора не шунтировала нагрузку видеоусилителя. Кроме того, резисторы R_4, R_1 и R_2 составляют делитель, понижающий напряжение сигнала, приложенного к базе транзистора. Благодаря этому предотвращается пробой перехода база—эмиттер положительным напряжением, имеющимся на конденсаторе C_1, которое при отсутствии делителя может превысить допустимую величину. Цепи R_5C_3 и C_4R_6, так же как и в схеме рис. 3-17, служат для разделения синхроимпульсов на строчные и кадровые.

Генераторы строчной развертки

В генераторе строчной развертки вырабатывается переменный ток пилообразной формы частотой 15 625 Гц, необходимой для получения плавного и равномерного движения луча по экрану кинескопа вдоль строк слева направо с последующим быстрым его возвратом к началу следующей строки. В современных кинескопах луч движется под действием переменного магнитного поля, создаваемого катушками отклоняющей системы. В схеме генератора пилообразного тока строчной развертки в качестве генератора, задающего частоту генерируемых импульсов, используется блокинг-генератор и мультивибратор.

Блокинг-генератор (рис. 3-19, *а*) — однокаскадный релаксационный генератор с трансформаторной обратной связью. В нем работает один триод. Трансформатор $Тр_1$ создает сильную положительную обратную связь между сеточной и анодной цепями этого триода. При этом в схеме возникают колебания сложной формы, имеющие вид периодических импульсов (рис. 3-19, *б* — *г*). Сеточные токи триода, возникающие в моменты появления положительных импульсов напряжения на обмотке *II* трансформатора $Тр_1$, заряжают конденсатор C_1. Благодаря отрицательному знаку напряжения на нижней (по схеме) обкладке этого конденсатора триод большую часть времени оказывается закрытым. Отпирается он только тогда, когда напряжение на конденсаторе уменьшается до величины u_{c0} за счет разряда его через резисторы R_2 и R_3, обмотку *II* трансформатора $Тр_1$ и резистор R_1. Появившийся анодный ток триода создает импульсное падение напряжения на обмотке *I* (рис. 3-19, *г*). Это падение напряжения трансформируется в обмотку *II* и еще больше отпирает триод. В результате за счет положительной обратной связи в схеме возникает колебательный процесс и на обмотке *II* снова образуется положительный импульс напряжения, вызывающий появление сеточного тока и запирание триода.

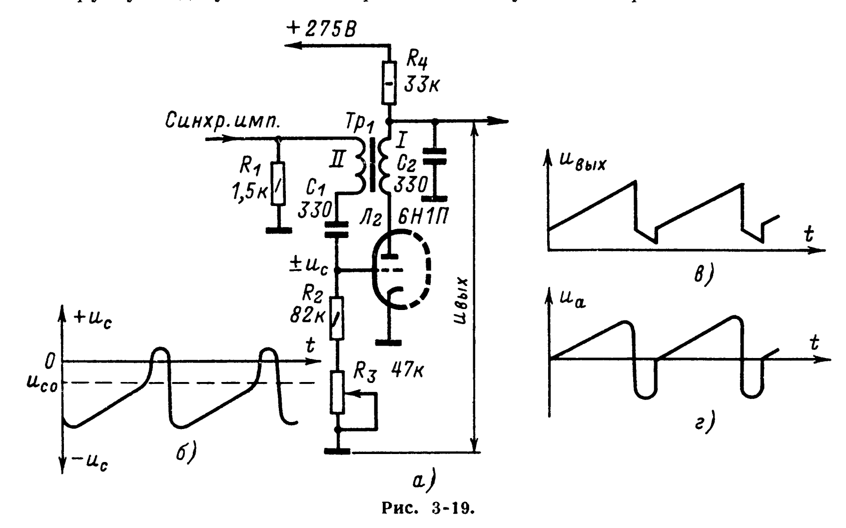
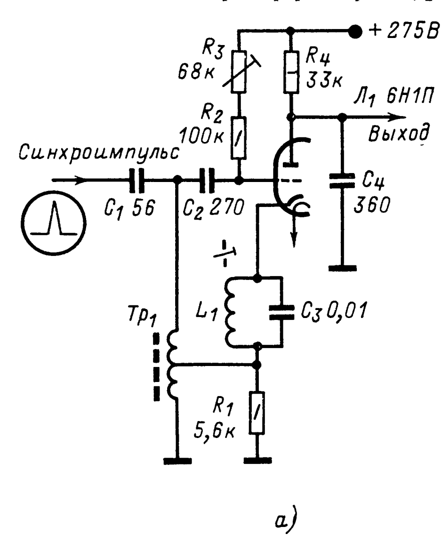


Рис. 3-19.

На конденсаторе C_2 образуется пилообразно-импульсное напряжение (рис. 3-19, *в*) за счет медленного его заряда напряжением питания +275 В через резистор R_4 и быстрого разряда через триод в момент его отпирания. Это напряжение используется для управления оконечным каскадом генератора строчной развертки. В схеме используется унифицированный трансформатор типа ТБС. Вместо унифицированного трансформатора ТБС в блокинг-генераторе можно использовать самодельный трансформатор со следующими данными: сердечник Ш12×12 из транс-

форматорной стали; обмотка *I* — 210 витков, обмотка *II* — 100 витков ПЭЛ 0,2.

В некоторых моделях телевизоров используется разновидность блокинг-генератора с автотрансформаторной обратной связью (рис. 3-20, *а*). Особенностью этой схемы является включение автотрансформатора $Тр_1$ в цепь катода триода $Л_1$. Исключение обмотки трансформатора из анодной цепи, где формируется выходное напряжение, делает синхронизацию блокинг-генератора более помехоустойчивой. В цепь катода включают колебательный контур L_1C_3, настроенный на частоту строчной развертки. Синусоидальное напряжение с контура складывается с импульсно пилообразным напряжением (пунктир), приложенным к сетке триода (рис. 3-20, *б*). В результате крутизна конечного участка пилообразной кривой увеличивается, что стабилизирует частоту колебаний блокинг-генератора и уменьшает вероятность синхронизации его импульсами помех *1* в конце этого участка.



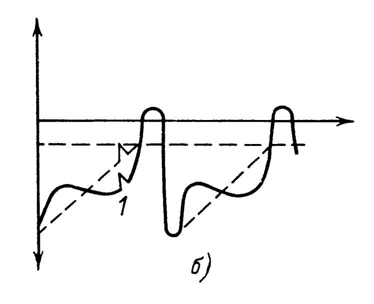


Рис. 3-20.

Блокинг-генератор на транзисторе (рис. 3-21) работает так же, как и ламповый — за счет трансформаторной обратной связи, и в нем протекают аналогичные процессы. Задающая частоту цепь R_1C_1 может включаться в цепь базы (рис. 3-21, *а*) или в цепь эмиттера (рис. 3-21, *б*). Последняя схема обладает большим входным сопротивлением и лучше согласуется со схемой синхронизации или управления частотой и фазой колебаний. Выходное напряжение для управления оконечным каскадом генератора строчной развертки на транзисторах снимается с обмотки *I* трансформатора $Тр_1$ (рис. 3-21), либо с резистора R_3 в цепи коллектора транзистора, либо с дополнительной обмотки трансформатора $Тр_1$. Чтобы улучшить согласование и исключить влияние оконечного каскада на параметры блокинг-генератора, между ними часто включают промежуточный усилитель на одном или двух транзисторах.

Мультивибратор, так же как и блокинг-генератор, можно использовать в качестве задающего генератора в схеме строчной развертки. Широко применяется для этой цели мультивибратор с катодной связью (рис. 3-22, *а*). Триоды лампы $Л_1$ в этой схеме работают поочередно. Когда первый (левый по схеме) триод отпирается, а второй правый запирается, конденсатор C_3 начинает разряжаться через левый триод и резисторы R_5 и R_6. Ток разряда создает на этих резисторах падение напряжения, которое удерживает правый триод в запертом состоянии. В конце разряда конденсатора запирающее напряжение на сетке правого триода уменьшается и он отпирается (момент t_1 на рис. 3-22, *б*). Появившийся анодный ток правого триода создает на резисторе R_4 падение напряжения, запирающее левый триод. Анодный ток этого триода уменьшается, а напряжение на его аноде увеличивается. Ток заряда конденсатора C_3 создает

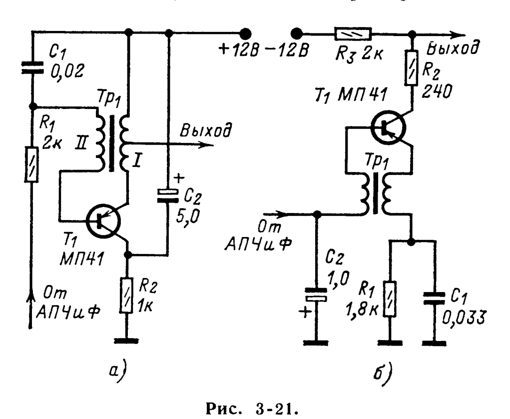


Рис. 3-21.

на резисторах R_6 и R_5 падение напряжения, еще больше отпирающее правый триод, что ведет к появлению сеточных токов и включению в цепь заряда промежутка сетка—катод этого триода и резистора R_4. В результате заряд конденсатора C_3 происходит значительно быстрее, чем его разряд.

По мере заряда конденсатора C_3 сеточный и анодный ток правого триода умень-

шаются, что приводит к снижению падения напряжения на резисторе R_4 и к отпиранию левого триода в момент t_2. При этом конденсатор C_3 начинает разряжаться через левый

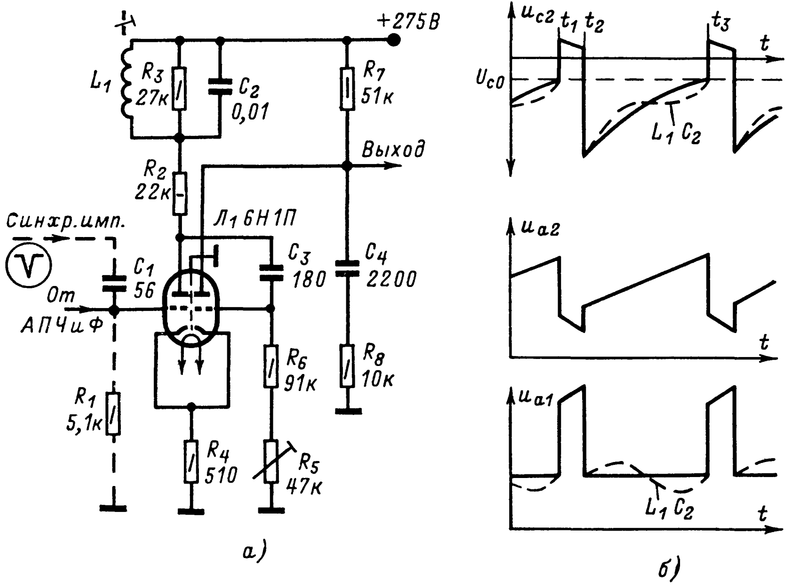


Рис. 3-22.

триод, а образующееся за счет его разряда падение напряжения на резисторах R_6 и R_5 еще больше запирает правый триод. Это приводит к тому, что процесс запирания правого и отпирания левого триода происходит скачком (лавинообразно). После того как правый триод запирается, конденсатор C_3 начинает разряжаться через резисторы R_6 и R_5 и весь процесс повторяется. Длительность интервала t_2—t_3 зависит от величины емкости конденсатора C_3 и сопротивления резисторов R_6 и R_6. На длительность интервала t_1—t_2 в основном влияют емкость конденсатора C_3 и величина сопротивления резистора R_4. Частота колебаний в мультивибраторе стабилизируется контуром L_1C_2 так же, как и в блокинг-генераторе. Синхронизация осуществляется подачей отрицательных импульсов на сетку триода (левого на рис. 3-22, *а*), который запирается в конце периода, соответствующего длительности одной строки телевизионного стандарта. Напряжение пилообразно-импульсной формы, необходимое для управления оконечным каскадом строчной развертки, формируется в цепи из конденсатора C_4 и резистора R_8. Существуют несимметричные мультивибраторы с сеточно-анодной *RC*-связью правого и левого триодов. В таких мультивибраторах резистор R_4 отсутствует, а постоянная времени указанной *RC*-цепи выбирается такой, чтобы интервал t_1—t_2 был меньше интервала t_2—t_3, т. е. форма вырабатываемых импульсов была несимметричной. Роль одного триода в таких мультивибраторах может выполнять лампа оконечного каскада строчной или кадровой развертки. Такие схемы используются в удешевленных моделях телевизоров, так как из-за комбинированного включения некоторые параметры оконечного каскада ухудшаются.

Оконечный каскад строчной развертки нагружен на строчные отклоняющие катушки *КС*, подключенные к выходному трансформатору типа ТВС. Чтобы создать магнитное поле, необходимое для отклонения луча в совре-

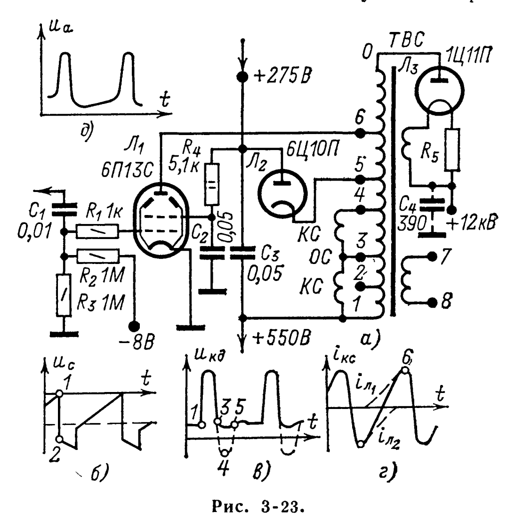


Рис. 3-23.

менных кинескопах через строчные отклоняющие катушки, нужно пропустить пилообразный ток амплитудой до 2—2,5 А. Для создания такого тока в оконечных каскадах применяют лампы 6П13С, 6П31С и 6П36С ($Л_1$ на рис. 3 23, *а*). Пилообразно-импульсное напряжение, сформированное в схеме

задающего генератора, подается через конденсатор C_1 на управляющую сетку лампы $Л_1$. В анодную цепь этой лампы включен унифицированный выходной трансформатор типа ТВС-А. Строчные отклоняющие катушки *КС* подключены к части витков обмотки этого трансформатора.

Демпфирующий диод. Для повышения к. п. д. генератора развертки энергия собственных колебаний контура, образованного трансформатором ТВС со всеми подключенными к нему цепями и междувитковыми и монтажными емкостями, используется для увеличения амплитуды пилообразного тока. Делается это с помощью диода $Л_2$, который гасит (демпфирует) собственные колебания этого контура. Дополнительное напряжение, возникающее при этом на конденсаторе C_3, складывается с напряжением питания цепи анода лампы $Л_1$. При повышенном напряжении на аноде этой лампы улучшается линейность, получается больший размах пилообразного тока в отклоняющих катушках.

При увеличении тока через лампу $Л_1$ во время прямого хода луча по строке в трансформаторе ТВС накапливается магнитная энергия. Обратный ход начинается с запирания лампы $Л_1$(рис. 3-23, *б*), ток через которую резко прекращается. При этом исчезающее магнитное поле становится источником затухающих электрических колебаний в контуре, образованном индуктивностью обмотки трансформатора ТВС, отклоняющей системы и паразитной распределенной емкостью схемы. Колебательный процесс продолжается только полпериода (*1—3* на рис. 3-23, *в*), до тех пор, пока напряжение на катоде диода $Л_2$ станет отрицательным по отношению к его аноду, и в цепи, состоящей из диода $Л_2$, части обмотки *1—5* и конденсатора C_3, возникает ток, который и заряжает этот конденсатор.

Высоковольтный выпрямитель. При быстрых изменениях тока во время обратного хода луча по строке на первичной обмотке трансформатора ТВС возникают положительные импульсы напряжения, достигающие нескольких киловольт (рис. 3-23, *д*). Эти импульсы используются для получения высокого напряжения, питающего анод кинескопа. С этой целью напряжение импульсов увеличивается с помощью повышающей секции первичной обмотки *6—0* и они заряжают конденсатор C_4 через высоковольтный кенотрон $Л_3$.

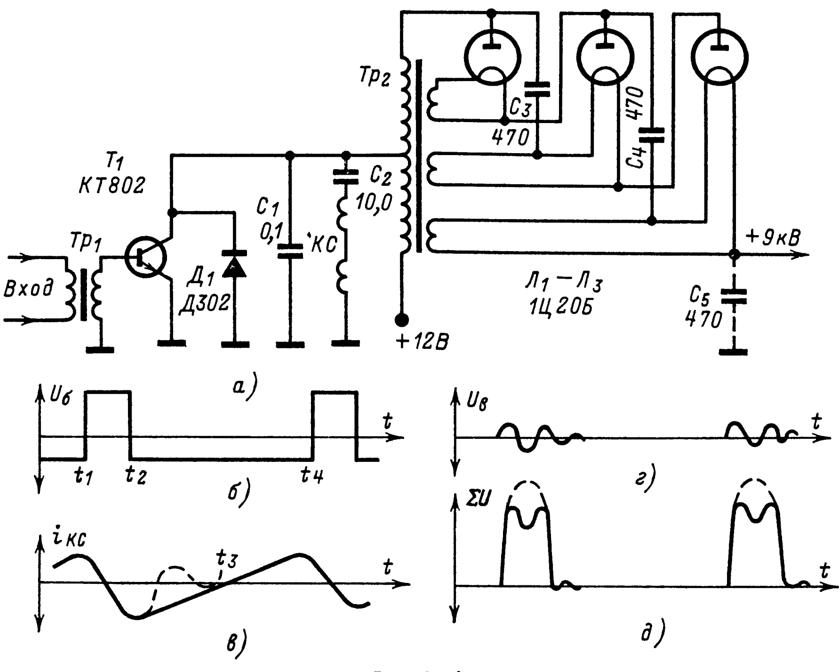


Рис. 3-24.

Выходной каскад строчной развертки на транзисторе, применяемый в переносных телевизорах, работает по принципу симметричного ключа (рис. 3-24, *а*). В качестве ключа используется достаточно высокочастотный мощный транзистор T_1, способный выдерживать импульсные токи до 5—8 А и обратные импульсные напряжения до 150 В, имеющий небольшое сопротивление в режиме насыщения. Так как транзистор T_1 проводит ток лишь в одном направлении, то для получения симметричной вольт-амперной характеристики ключа в схему добавлен диод $Д_1$, который является также демпферным. Управление транзистором T_1 производится подачей в цепь его базы через трансформатор $Тр_1$ прямоугольных импульсов напряжения

от промежуточного усилителя. Во время t_1—t_2 (рис. 3-24, *б*) транзистор T_1 запирается. Из-за резкого прекращения тока в контуре, образованном индуктивностью трансформатора $Тр_2$, строчных отклоняющих катушек *КС* и конденсаторами C_1 и C_2, возникают колебания. Через половину периода этих колебаний в момент t_2 ток в индуктивной ветви контура изменит направление, что приведет к отпиранию диода $Д_1$, который демпфирует колебания (пунктир на рис. 3-24, *в*). Во время t_2—t_3 диод $Д_1$ проводит, и ток в индуктивной ветви контура и в строчных отклоняющих катушках изменяется почти линейно. В момент времени t_3 этот ток изменяет направление и начинает протекать не через диод $Д_1$, а через транзистор T_1. Во время запирания транзистора T_1 на обмотках трансформатора $Тр_2$ и строчных отклоняющих катушках возникает напряжение, имеющее вид импульсов синусоидальной формы (рис. 3-24, *г*).

Высокое напряжение для питания второго анода кинескопа в современных переносных телевизорах на транзисторах составляет 6—15 кВ. Это означает, что при допустимой амплитуде импульса обратного хода на коллекторе транзистора T_1 80—140 В коэффициент трансформации повышающей обмотки трансформатора $Тр_2$ должен быть около 100. При этом и число витков и паразитная емкость повышающей обмотки будут очень большими. Уменьшив оба этих параметра до допустимых пределов, получить требуемую величину высокого напряжения удается, лишь используя выпрямитель с кенотронами $Л_1$—$Л_3$ по схеме импульсного утроения напряжения.

Чтобы облегчить режим работы транзистора T_1 по пробивному напряжению, контур, образованный повышающей обмоткой и ее паразитными емкостями, настраивают на третью гармонику частоты колебаний во время обратного хода. Колебания напряжения с частотой третьей гармоники трансформируются из повышающей обмотки трансформатора $Тр_2$ в его первичную обмотку, складываются с импульсами на коллекторе транзистора T_1 и понижают их амплитуду (рис. 3-24, *д*).

Генераторы кадровой развертки

Пилообразный ток, образующий магнитное поле в катушках отклоняющей системы для создания движения луча кинескопа по экрану сверху вниз, имеет частоту 50 Гц. Этот ток вырабатывает генератор кадровой развертки (рис. 3-25, *а*), схема которого содержит задающий генератор и оконечный каскад.

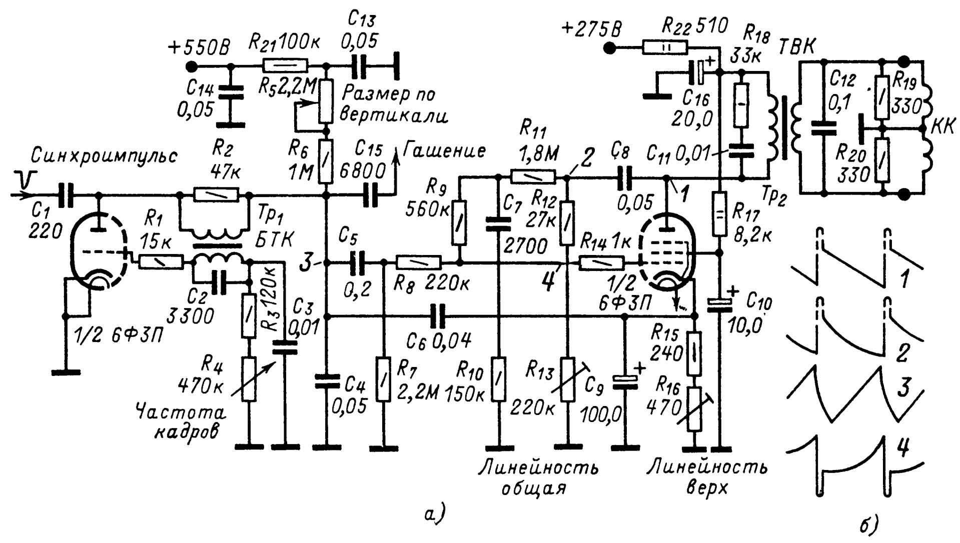


Рис. 3-25.

В качестве задающего генератора обычно используется блокинг-генератор. В нем сильная положительная обратная связь из анодной цепи в сеточную создается унифицированным трансформатором $Тр_1$ типа БТК. Требуемая частота следования импульсов блокинг-генератора устанавливается с помощью переменного резистора R_4 *Частота кадров*. На конденсаторах C_4 и C_6 образуется пилообразное напряжение (рис. 3-25, поз. *3*).

Анодная цепь блокинг-генератора подключена к конденсатору C_{14}, на который из схемы генератора строчной развертки подается напряжение более 550 В. Цепь из резистора R_{21} и конденсатора C_{13} предотвращает проникновение пульсаций напряжения с частотой строк в анодную цепь блокинг-генератора кадровой развертки. Через конденсатор C_{15} на модулятор (управляющий электрод) кинескопа подается импульс, запирающий электронный луч во время его обратного хода по кадру.

В блокинг-генераторе кадровой развертки можно использовать унифицированный транс-

форматор типа ТБК со следующими данными: сердечник Ш12×12, обмотка *I* 1 500, обмотка *II* 3 000 витков провода ПЭЛ 0,08; трансформатор заключен в стальной экран.

Оконечный каскад. Пилообразное напряжение из анодной цепи блокинг-генератора подается на делитель напряжения из резисторов R_8—R_{13}. Амплитуда напряжения, поступающего на управляющую сетку пентода оконечного каскада, и, следовательно, вертикальный размер растра на экране плавно меняются с помощью переменного резистора R_5 *Размер по вертикали*. Конденсатор C_7 облегчает прохождение высокочастотных составляющих кадрового пилообразного напряжения. Пилообразное напряжение (поз. *3* на рис. 3-25) в сеточной цепи пентода с помощью цепи из конденсатора C_7 и резисторов R_9R_{10} преобразуется в пилообразно импульсное *4*. Отрицательные импульсы этого напряжения используются для запирания лампы оконечного каскада и резкого изменения отклоняющего пилообразного тока с целью обеспечения обратного хода кадровой развертки.

Линейный пилообразный ток в кадровых отклоняющих катушках можно получить, либо применив ТВК с большой индуктивностью первичной обмотки, либо используя составляющую. Глубина обратной связи регулируется переменным резистором R_{13} до получения равномерного (без сгущений и разрежений) расположения строк растра. Улучшение линейности достигается

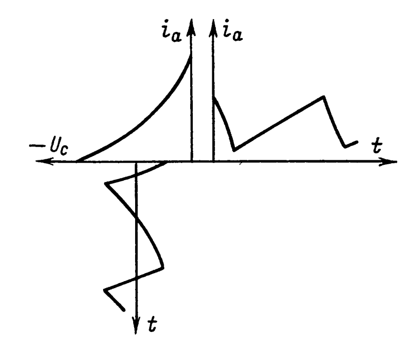


Рис. 3-26.

также использованием кривизны характеристики пентода при соответствующем выборе рабочей точки на ее характеристике (рис. 3-26). На управляющую сетку подается отрицательное напряжение с резисторов R_{15} и R_{16} в цепи автоматического смещения.

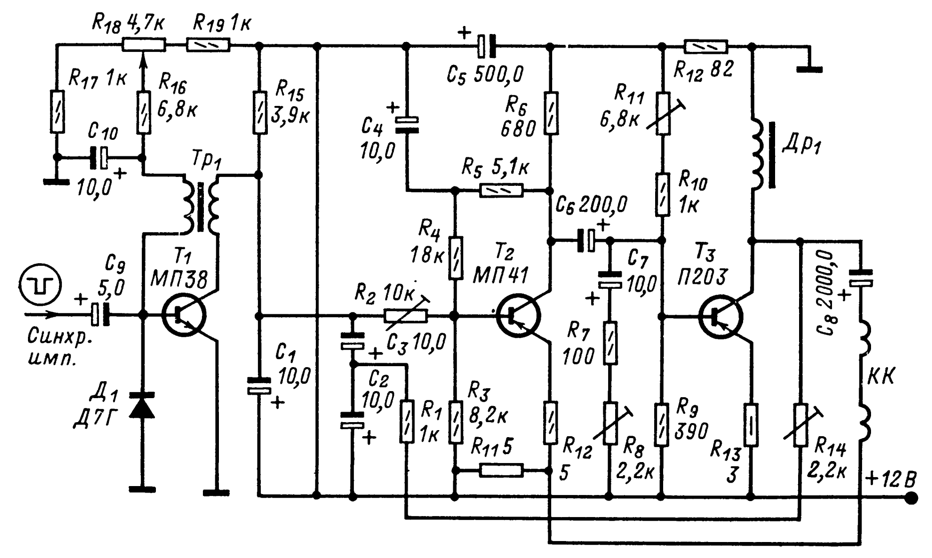


Рис. 3-27.

напряжение такой формы, чтобы ток был линеен при не столь уж большой индуктивности этой обмотки. Напряжение, которое надо подать для этого на управляющую сетку пентода, должно иметь форму части параболы с вершиной, обращенной вниз (*2* на рис. 3-25, *б*).

Для получения необходимой линейности пилообразного тока на управляющую сетку пентода из ее анодной цепи через цепь, состоящую из конденсатора C_8 и резисторов R_9—R_{13}, подается напряжение отрицательной обратной связи, содержащее параболическую

Генератор тока кадровой развертки через унифицированный трансформатор Tp_2 (тип ТВК) нагружен кадровыми отклоняющими катушками *КК* отклоняющей системы. Резисторы $R_{19}R_{20}$ шунтируют каждую из кадровых катушек и служат для гашения колебаний, устранения «волнистости» и искривления строк, которые могут возникнуть в обмотках трансформатора Tp_2 во время обратного хода луча. Первичная обмотка трансформатора Tp_2 шунтирована цепью из резистора R_{18} и конденсатора C_{11}, уменьшающей импульсы напряжения на этой обмотке во время

обратного хода по кадру и предотвращающей пробой изоляции между обмотками трансформатора. Для устранения проникновения пульсаций напряжения кадровой частоты в цепь источника анодного питания в схеме предусмотрена развязывающая ячейка из резистора R_{22} и конденсатора C_{16}.

Генераторы кадровой развертки на транзисторах

Они обычно состоят из задающего генератора, промежуточного усилителя и оконечного каскада (рис. 3-27). В качестве задающего генератора используется блокинг-генератор. Параметры трансформатора и элементов схемы выбираются такими, чтобы обеспечить требуемую частоту и длительность обратного хода развертки. Пилообразное напряжение формируется цепью $R_{15}C_1$ (рис. 3-27). Чтобы относительно низкое входное сопротивление оконечного каскада не шунтировало эту цепь и не ухудшило линейность пилообразного напряжения, перед оконечным каскадом включен промежуточный усилитель на транзисторе T_2. Благодаря этому амплитуду пилообразного напряжения, являющегося частью экспоненты на конденсаторе C_1, можно сделать небольшой и достаточно линейной. Диод $Д_1$ защищает эмиттерный переход транзистора T_1 от отрицательных выбросов напряжения на обмотке трансформатора Tp_1.

эмиттера транзистора T_2 (через резисторы R_{11} и R_{12}) амплитуда отклоняющего тока мало зависит от прогрева деталей.

3-6. АВТОМАТИЧЕСКИЕ РЕГУЛИРОВКИ В ТЕЛЕВИЗОРАХ

Автоматическое регулирование усиления

На нагрузке видеодетектора выделяется видеосигнал, содержащий постоянную составляющую, т. е. заполненный полупериодами напряжения несущей частоты (рис. 3-28). Использовать постоянную составляющую этого сигнала для АРУ нельзя, так как ее величина зависит от освещенности и содержания

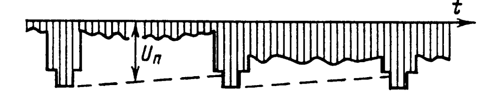


Рис. 3-28.

передаваемого изображения. Для АРУ можно использовать лишь напряжение от пикового детектора $U_п$, равное напряжению несущей в моменты передачи синхроимпульсов, амплитуда которых не меняется при изменении освещенности передаваемого изображения. Однако АРУ с пиковым детектором не обладает помехоустойчивостью, и усиление прием-

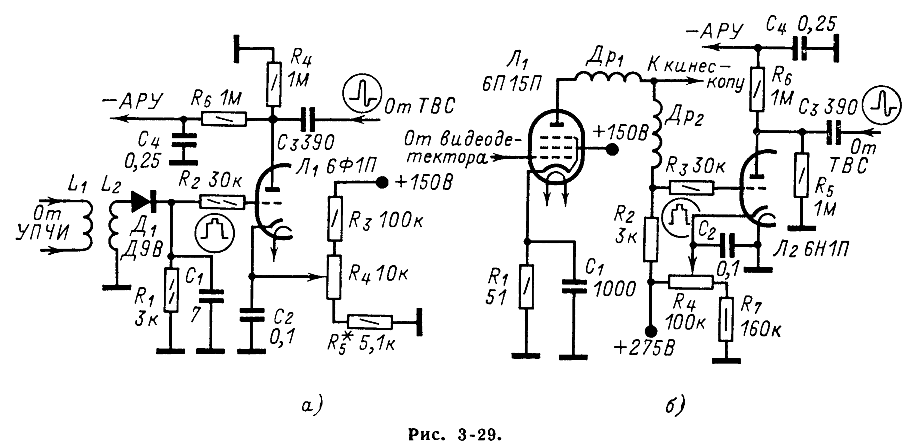


Рис. 3-29.

Особенностью оконечного каскада на транзисторе T_3 является подключение кадровых отклоняющих катушек $КК$ через конденсатор C_8 к коллекторной цепи этого транзистора, работающего в схеме с заземленным эмиттером. Дроссель $Др_1$ обеспечивает параллельное питание коллекторной цепи транзистора T_3. Так же как и в схеме рис. 3-25, в цепи $R_1R_{14}C_2$ (рис. 3-27) формируется напряжение параболической формы, которое подается на вход промежуточного усилителя для создания отрицательной обратной связи и улучшения линейности тока в кадровых отклоняющих катушках. Благодаря отрицательной обратной связи из цепи этих катушек в цепь

ника понижается при наличии импульсных помех, амплитуда которых превышает амплитуду синхроимпульсов.

Помехоустойчивая ключевая АРУ содержит стробируемый пиковый детектор или усилитель, отпираемый импульсами обратного хода строк лишь в моменты передачи синхроимпульсов. В схеме, приведенной на рис. 3-29, *а*, стробируется усилитель АРУ. На анод триода $Л_1$ подаются импульсы обратного хода от выходного строчного трансформатора (ТВС) амплитудой 100—200 В. На управляющую сетку триода поступает напряжение от видеодетектора или от отдельного детектора АРУ. Для задержки АРУ триод

заперт напряжением, приложенным к катоду и снимаемым с потенциометра R_4. В результате триод отпирается лишь при совпадении по времени синхроимпульсов, поступающих на сетку, и импульсов обратного хода. Режим триода выбирается таким, что из-за отсечки анодного тока конденсатор C_3 заряжается лишь частью импульса обратного хода. При увеличении сигнала на сетке отсечка уменьшается и напряжение на конденсаторе C_3 увеличивается. Это напряжение используется для АРУ, через фильтр R_6C_4 подается на управляющие сетки ламп УВЧ и УПЧ и изменяет усиление этих каскадов. Постоянную времени фильтра R_6C_4 в этом случае можно сделать небольшой, с тем чтобы АРУ успевало реагировать на быстрые изменения принимаемого сигнала, возникающие, например, из-за отражения УКВ от пролетающих самолетов.

Более глубокую и эффективную АРУ удается осуществить, подав на сетку триода $Л_2$ сигнал, усиленный видеоусилителем на лампе $Л_1$ (рис. 3-29, *б*). Для того чтобы АРУ реагировала на изменения амплитуды несущей частоты, сигнал с выхода видеодетектора должен поступать на сетку видеоусилителя без переходных емкостей.

Схема АРУ, в которой регулирующее напряжение образуется за счет детектирования видеосигнала, не содержащего постоянной составляющей, пропорциональной амплитуде несущей частоты, будет вносить искажения в передачу уровня черного. Так, например, при передаче темного изображения полный размах видеосигнала и регулирующее напряжение, вырабатываемое в такой схеме, уменьшаются. При этом усиление УВЧ и УПЧ увеличивается и видеосигнал от темного изображения оказывается неестественно большим, что приводит к нарушению правильного соотношения яркостных градаций в принятом изображении.

Автоматическую регулировку усиления в транзисторных телевизорах осуществляют, используя принцип изменения крутизны характеристики транзистора. Напряжение смещения с выхода схемы АРУ подается на базы транзисторов в каскадах УВЧ и УПЧ и изменяет положение рабочей точки на их характеристиках. Крутизна характеристики (рис. 3-30) понижается при уменьшении тока коллектора и при увеличении его до насыщения. Поэтому используются схемы АРУ, работающие как на запирание, так и на отпирание транзисторов в усилительных каскадах.

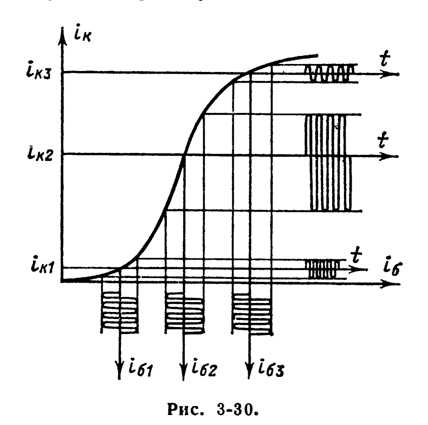


Рис. 3-30.

Схема простой АРУ, работающей на запирание, приведена на рис. 3-31. Напряжение от пикового детектора с диодом $Д_1$, подключенным к контуру последнего каскада УПЧИ, поступает на базу эмиттерного повторителя на транзисторе T_3. Этот повторитель согласует высокое выходное сопротивление пикового детектора с низким входным сопротивлением транзистора T_4, на котором собран усилитель напряжения АРУ. В переносных транзисторных телевизорах, работающих в условиях высокого уровня импульсных помех, особенно в черте города, применяют схемы помехоустойчивых ключевых АРУ.

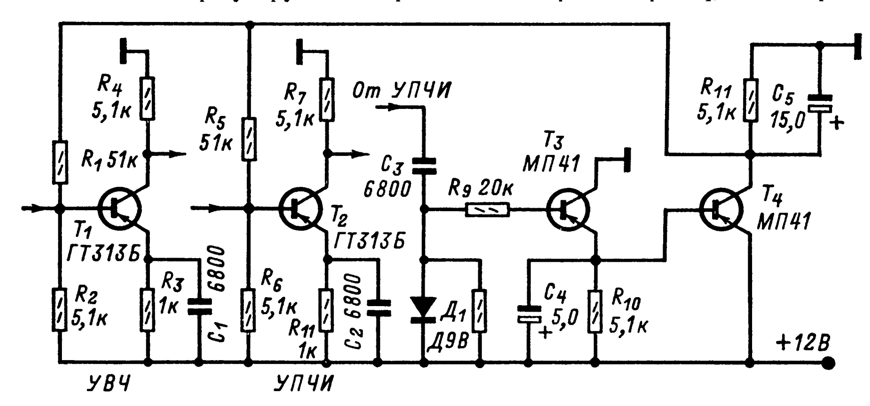


Рис. 3-31.

Ключевая АРУ, работающая на отпирание, показана на рис. 3-32. Импульсы обратного хода строчной развертки, снимаемые с обмотки ТВС, выпрямляются диодом $Д_2$ и заряжают конденсатор C_1 так, что на вход эмиттерного повторителя с транзистором T_2 через фильтр R_7C_3 поступает положительный потенциал. При совпадении по времени син-

хроимпульсов, отпирающих транзистор T_1, и импульсов обратного хода заряд на конденсаторе C_1 уменьшается из-за того, что эти импульсные напряжения компенсируют друг друга. В результате уменьшается положительное напряжение, образующееся на выходе эмиттерного повторителя и приложенное к базам транзисторов регулируемых каскадов, которые сильнее отпираются, и их рабочие точки переходят на участки характеристик с малой крутизной.

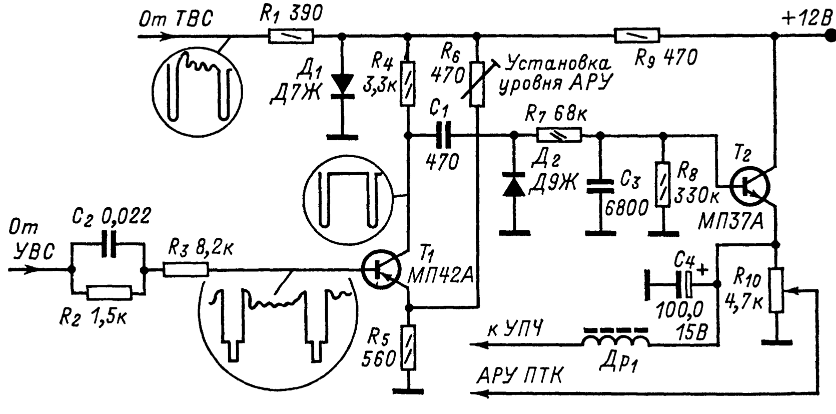


Рис. 3-32.

Автоматическое регулирование яркости и поддержание уровня черного

Для правильного воспроизведения изображения необходимо, чтобы вершины бланкирующих импульсов видеосигнала располагались в начале анодно-сеточной характеристики кинескопа, а синхроимпульсы заходили в область отсечки анодного тока. При этом во время передачи темных участков изображения ток луча должен быть минимальным (рис. 3-33). Задача АРЯ сводится к поддержанию уровня черного в воспроизводимом изображении вне зависимости от изменения размаха видеосигнала при регулировке контрастности и от изменения содержания передаваемого изображения, когда размах видеосигнала изменяется при передаче различных по освещенности кадров. Несовпадение уровня черного в видеосигнале с точкой отсечки тока луча кинескопа приводит к неправильному воспроизведению градаций яркости и к потере пропорциональности ступеней серого в принятом изображении.

Для решения задачи правильного воспроизведения градаций применяют либо схемы автоматической регулировки яркости, либо схемы привязки уровня черного.

Схема автоматической регулировки яркости вырабатывает напряжение U_c, которое при каждом изменении контрастности устанавливает среднюю яркость изображения такой, чтобы уровень черного соответствовал точке запирания тока $I_к$ луча кинескопа (рис. 3-33). В простейшей схеме (рис. 3-34, *а*) напряжение на потенциометр регулировки яркости R_4 и на катод кинескопа подается с одной и той же точки — после резистора нагрузки R_2 видеоусилителя. При увеличении напряжения на выходе видеодетектора уменьшаются средний анодный ток лампы $Л_1$ видеоусилителя и разность напряжений между модулятором и катодом кинескопа, а средняя яркость поддерживается на требуемом уровне.

В более совершенной схеме (рис. 3-34, *б*) имеется диод $Д_1$, через который в моменты появления сихроимпульсов заряжается конденсатор C_2. Начальная яркость устанавливается выбором напряжения на катоде кинескопа при помощи потенциометра R_1 (U_{c1} на рис. 3-33). При увеличении сигнала на выходе видеодетектора увеличивается напряжение на конденсаторе C_2 (U_{p2} на рис. 3-33), что приводит к пропорциональному увеличению средней яркости изображения. В результате с повышением контрастности средняя яркость изображения увеличивается так, что уровень

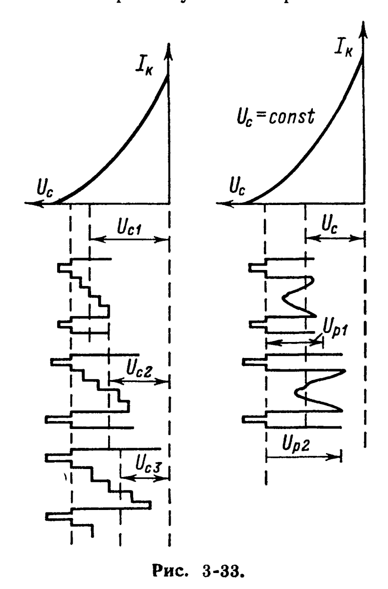


Рис. 3-33.

черного поддерживается на точке отсечки тока $I_к$ луча кинескопа.

Схема привязки уровня черного с фиксирующим диодом применяется в видеоусилителях, где связь с резистором нагрузки R_1 видеодетектора или предыдущего каскада скопа уменьшается так, что яркость свечения экрана автоматически возрастает до уровня, соответствующего передаче светлых деталей изображения. При этом в моменты прохождения бланкирующих импульсов и синхроимпульсов анодный ток лампы $Л_1$ уменьшается

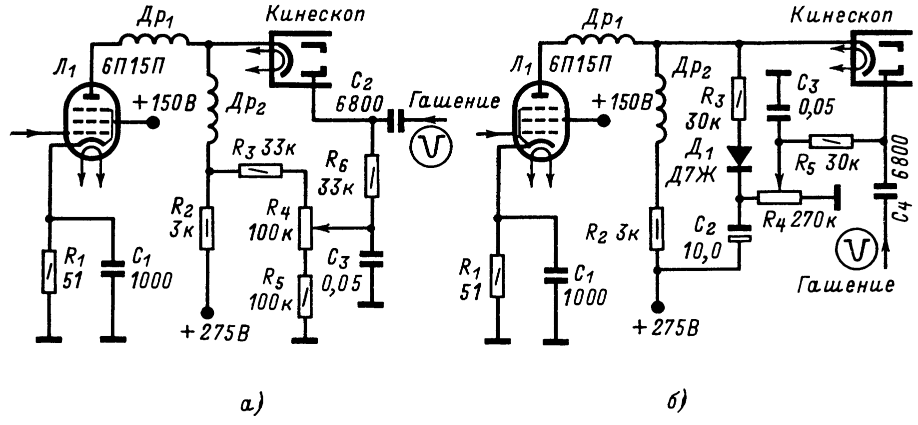


Рис. 3-34.

осуществляется при помощи переходного конденсатора C_1 (рис. 3-35). В отсутствие видеосигнала анодный ток лампы $Л_1$ мал (i_{a1} на рис. 3-35), а потенциал на ее аноде и на катоде кинескопа повышен так, что яркость свечения экрана минимальна и находится на уровне черного. При появлении на резисторе до начального значения i_{a1}, соответствующего уровню черного.

Схему рис. 3-35 иногда называют схемой восстановления постоянной составляющей видеосигнала. Однако в этой схеме происходит лишь фиксация уровня черного, а постоянная составляющая, пропорциональная амплитуде

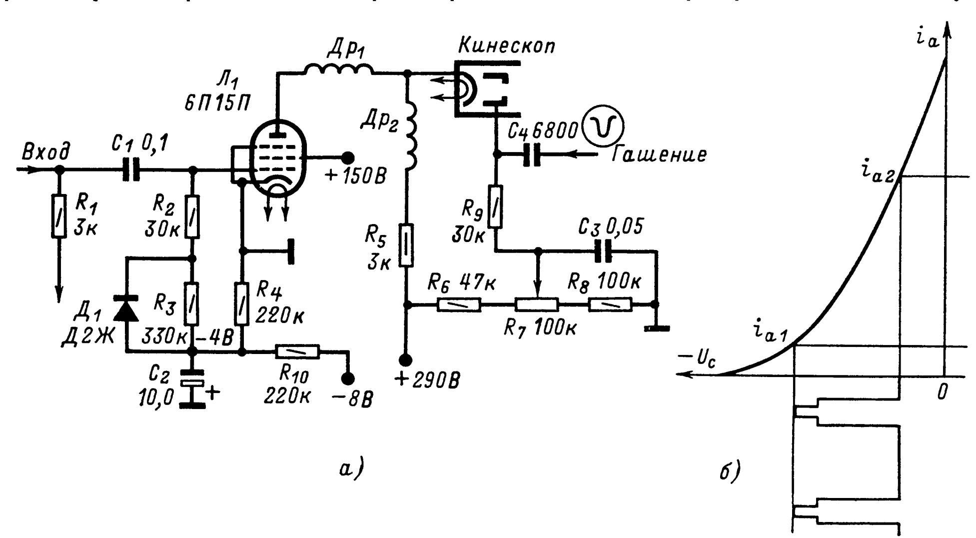


Рис. 3-35.

R_1 видеосигнала отрицательной полярности конденсатор C_1 заряжается через диод $Д_1$ так, что к управляющей сетке лампы $Л_1$ оказывается приложенным положительное напряжение, практически равное амплитуде входного видеосигнала. В результате анодный ток лампы $Л_1$ увеличивается до значения i_{a2}, а напряжение на ее аноде и на катоде кинескопа несущей ПЧ, имевшаяся на нагрузке детектора, оказывается безвозвратно потерянной. По этой причине использовать выходное напряжение видеоусилителя в такой схеме для целей АРУ нельзя.

Мостовая схема регулировки контрастности (рис. 3-36) с фиксированным уровнем черного применяется в телевизорах, имеющих

эффективно действующую АРУ, благодаря которой напряжение на аноде лампы видеоусилителя при передаче уровня черного не зависит от изменения амплитуды принимаемого сигнала. Контрастность регулируется потенциометром R_4, включенным в диагональ моста, образованного лампой $Л_1$, резистором R_3 и делителем R_6, R_7. Режим лампы $Л_1$ зависит от величины напряжения на резисторе R_1 нагрузки видеодетектора. Изменяя порог АРУ, это напряжение подбирают таким, чтобы в моменты прохождения бланкирующих импульсов, т. е. при передаче уровня черного, потенциалы точек *а* и *б* были равны. В этом случае при регулировании контрастности изменяется яркость белого и яркость градаций серого, а черное на изображении остается неизменным. Схема удобна тем, что величина видеосигнала, снимаемого с нагрузки лампы $Л_1$ на амплитудный селектор и ключевую АРУ, не зависит от регулировки контрастности. В практически применяемых схемах делитель из резисторов R_6 и R_7 (рис. 3-36) отсутствует, а потенциал точки *б* задается от отдельного выпрямителя, питающего анодные цепи ламп УПЧИ. Для того чтобы соединительные провода к потенциометру R_4 не создавали дополнительную емкостную нагрузку, ограничивающую усиление на высоких видеочастотах, его располагают в непосредственной близости от анодных цепей лампы $Л_1$.

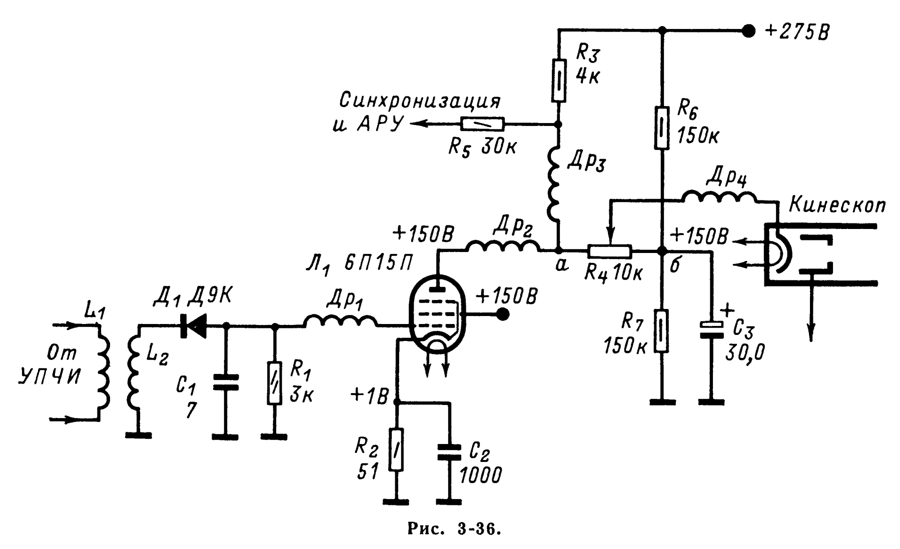


Рис. 3-36.

Автоматическая подстройка частоты и фазы строчной развертки

При приеме слабых сигналов внутренние шумы телевизора и импульсные помехи накладываются на синхронизирующие импульсы и могут изменить их форму и амплитуду. В результате вертикальные линии в принятом изображении будут выглядеть изломанными, а четкость изображения будет понижена. Искажения кадровых синхроимпульсов меньше сказываются на качестве изображения, так как помехи отфильтровываются интегрирующей цепью, формирующей импульсы для синхронизации задающего генератора. Для улучшения качества изображения применяют помехоустойчивые схемы синхронизации строчной развертки, работающие по принципу автоматической подстройки частоты и фазы (АПЧиФ) задающего генератора. В таких схемах в результате сравнения частоты и фазы синхроимпульсов с частотой и фазой импульсов от генератора развертки вырабатывается напряжение, управляющее частотой задающего генератора. В результате частота колебаний задающего генератора поддерживается равной частоте приходящих синхроимпульсов.

Схема АПЧиФ (рис. 3-37) содержит фазовый дискриминатор на диодах $Д_1$ и $Д_2$, вырабатывающий напряжение, пропорциональное разности фаз синхроимпульсов, снимаемых с резисторов R_2 и R_3 нагрузки фазоинвертора на лампе $Л_1$, и пилообразного напряжения от генератора развертки, сформированного цепью R_6C_4. Выработанное напряжение через фильтр $R_7C_5C_6$ подается на сетку лампы задающего генератора и управляет его частотой. Если синхроимпульсы появляются в тот момент, когда пилообразное напряжение проходит через нулевое значение (рис. 3-38, *а*), то конденсаторы C_2 и C_3 заряжаются через открывающиеся диоды до одинаковых, но противоположных по знаку напряжений u_1 и u_2. В промежутках времени между синхроимпульсами конденсаторы C_1 и C_3 медленно разряжаются соответственно через резисторы R_3, R_4, R_7, R_8 и R_2, R_5, R_7, R_8. В результате через резистор R_8 текут одинаковые и противоположные по знаку токи и падение напряжения на нем оказывается равным нулю.

Если частоты и фазы синхроимпульсов и импульсов генератора развертки не совпадают, то синхроимпульсы появляются не в тот момент, когда пилообразное напряжение

в точке *а* схемы рис. 3-37 проходит через нуль. В результате при частоте генератора ниже нормальной (рис. 3-38, *б*) диод $Д_1$ отпирается частью пилообразного напряжения, а диод $Д_2$ запирается. При этом конденсатор C_2 мальной (рис. 3-38, *в*) падение напряжения на резисторе R_8 имеет другой знак и частота задающего генератора понижается.

В одной из часто применяемых разновидностей схем АПЧиФ роль фазоинвертора

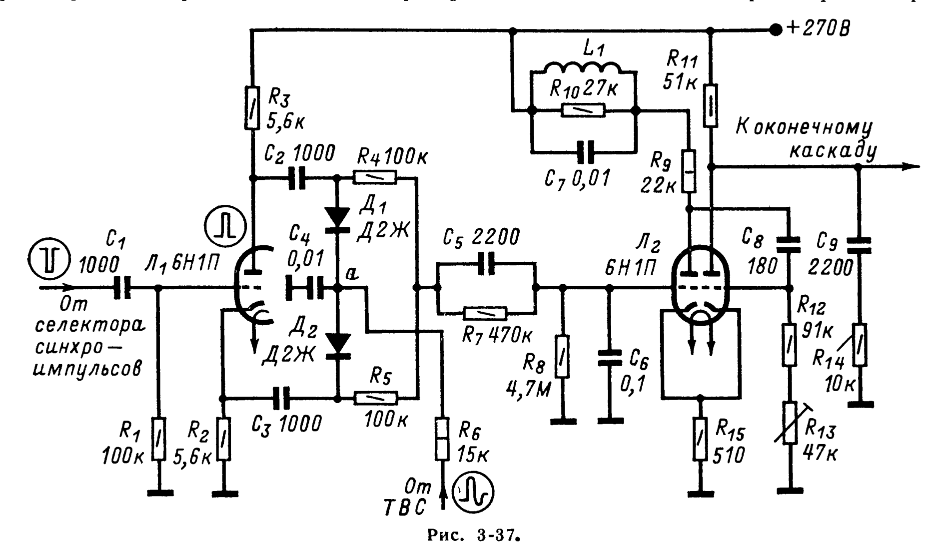


Рис. 3-37.

заряжается до большего напряжения, а конденсатор C_3 — до меньшего. Токи разряда этих конденсаторов не компенсируют друг друга, и на резисторе R_8 появляется падение

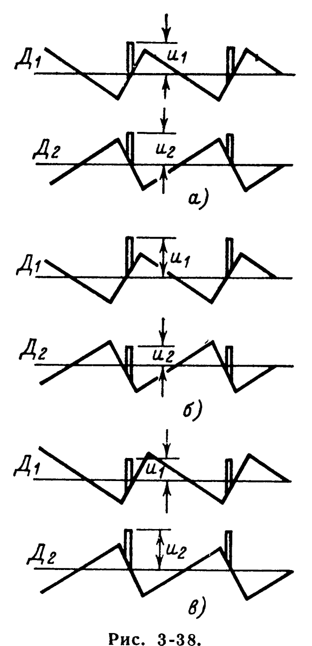


Рис. 3-38.

напряжения, которое поступает на сетку $Л_2$ задающего генератора и изменяет его частоту так, чтобы свести к нулю разность фаз синхроимпульсов и колебаний генератора развертки. При частоте генератора выше нор-

выполняет импульсный трансформатор (рис. 3-39, *а*). В другой (рис. 3-39, *б*), рассчитанной на работу с синхроимпульсами одной полярности, диоды $Д_1$, $Д_2$ включены навстречу друг другу и заряжают конденсатор C_3. Пилообразное напряжение приложено к резисторам R_1 и R_2 и делится на них и диодах $Д_1$, $Д_2$ поровну. Если синхроимпульсы появляются в тот момент, когда пилообразное напряжение проходит через нулевое значение, то заряд конденсатора C_3 равен нулю. Когда частота задающего генератора отличается от частоты синхроимпульсов, напряжение на одном диоде, полученное из-за суммирования части пилообразного напряжения с синхроимпульсом, уменьшается, а на другом диоде — увеличивается. В результате в зависимости от знака отклонения частоты и фазы конденсатор C_3 заряжается напряжением той или иной полярности. Это напряжение через фильтр $R_3R_4C_4C_6$ подается на сетку лампы задающего генератора и управляет его частотой.

Фильтр на выходе схемы АПЧиФ подавляет импульсные помехи и шумы и исключает проникновение их в цепи задающего генератора. При большой постоянной времени этого фильтра полоса схватывания схемы АПЧиФ сужается. В этом случае при значительном отличии частоты задающего генератора от частоты синхроимпульсов автоматическое регулирование становится невозможным и частоту задающего генератора приходится подстраивать вручную. При малой постоянной времени указанного фильтра полоса схватывания шире, но увеличивается вероятность проникновения помех в цепи задающего генератора. От параметров цепи R_6C_4 (см. рис. 3-37), формирующей пилообразное напря-

жение, зависит сдвиг изображения по горизонтали в пределах полосы схватывания. Если изображение сдвинуто вправо и правый его край завернут, то постоянную времени этой цепи надо уменьшить. При сдвиге изображения влево постоянную времени надо увеличить.

Схемы АПЧиФ, широко применяемые в транзисторных телевизорах, не отличаются глубина регулирования в такой схеме оказываются очень низкими, так как импульсное напряжение амплитудой 30—70 В при нестабильности в 10% изменяется всего на 3—7 В, что явно недостаточно для хорошей компенсации такой нестабильности. Повысить чувствительность схемы можно, применив усилитель в цепи регулирования. Однако такие схемы сложны и критичны в налаживании.

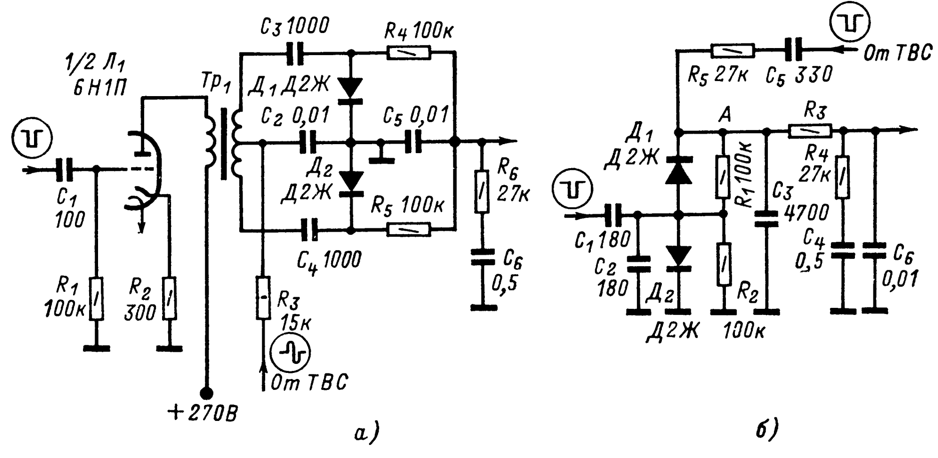


Рис. 3-39.

от схем рис. 3-37 и 3-39. Из-за высокого уровня помех в переносных телевизорах постоянную времени фильтра на выходе схемы АПЧиФ делают большой, а для расширения полосы схватывания в некоторых случаях между схемой АПЧиФ и задающим генератором включают усилитель постоянного тока.

Стабилизация строчной развертки

Стабилизация строчной развертки устраняет влияние колебаний напряжения питающей сети, изменения параметров ламп и нагрузки выпрямителя высокого напряжения на размер изображения по горизонтали и на величину высокого ускоряющего напряжения для питания кинескопа. Между величиной тока в строчных отклоняющих катушках и величиной импульса напряжения на них, возникающего во время обратного хода, существует жесткая зависимость. Поэтому в широко применяемых системах стабилизации строчной развертки используется принцип автоматического регулирования режима генератора и развертки в зависимости от импульсного напряжения на обмотках ТВС. Изменяя напряжение смещения на управляющей сетке лампы оконечного каскада в пределах 30—70 В, удается воздействовать на ее крутизну, отсекать часть напряжения раскачки и тем самым изменять выходную мощность и ток в отклоняющих катушках.

В простейшей схеме стабилизации импульсное напряжение с обмотки ТВС выпрямляется и используется для создания указанного смещения. Однако чувствительность и

Поэтому применяют схемы, в которых с обмотки ТВС снимают большое импульсное напряжение и выпрямляют лишь его часть, в которой изменения из-за нестабильности велики. В качестве выпрямителя с большой отсечкой используют запертый стабильным напряжением триод или нелинейное сопротивление — варистор.

Схему стабилизации строчной развертки с триодом (рис. 3-40) можно применить в телевизоре, если у радиолюбителя нет варисторов. На анод триода $Л_2$ через конденсатор C_4 с обмотки ТВС подаются положительные импульсы обратного хода. Триод заперт положительным напряжением, приложенным к катоду и снимаемым со стабилитронов $Д_1$ и $Д_2$. Благодаря этому анодный ток триода появляется с большой отсечкой, т. е. лишь при большом напряжении на его аноде. В результате по цепи анода триод отпирается вершинами импульсов обратного хода, амплитуда которых сильно изменяется при изменении выходной мощности. Конденсатор C_4 заряжается этими вершинами в полярности, показанной на рис. 3-40. Отрицательное напряжение снимается с конденсатора C_4 и через фильтр R_2C_2 подается на управляющую сетку лампы $Л_1$ оконечного каскада строчной развертки. Если выходная мощность по какой-нибудь причине увеличивается, то отрицательное напряжение на управляющей сетке лампы $Л_1$ тоже увеличивается, что приводит к понижению выходной мощности. При уменьшении выходной мощности отрицательное напряжение уменьшается и лампа $Л_2$ переводится в режим, при котором она развивает бо́льшую выходную мощность.

Для повышения чувствительности схемы на управляющую сетку триода $Л_2$ подана часть напряжения вольтодобавки, которое также меняется при изменении выходной мощности. В результате при увеличении выходной мощности напряжение между катодом и сеткой триода $Л_2$ уменьшается, что ведет к уменьшению отсечки анодного тока и к еще большему увеличению отрицательного напряжения на конденсаторе C_4 и на управляющей сетке лампы $Л_1$. При этом изменения выходной мощности компенсируются эффективней. Так как для создания необходимой отсечки анодного тока триод $Л_2$ заперт стабилизированным напряжением, то при изменении напряжения питающей сети выходная мощность почти не меняется и поддерживается на установленном уровне. При помощи потенциометра R_7 можно регулировать запирающее триод $Л_2$ напряжение и, устанавливая ту или иную отсечку анодного тока, изменять отрицательное напряжение на управляющей сетке лампы $Л_1$ и развиваемую ею выходную мощность.

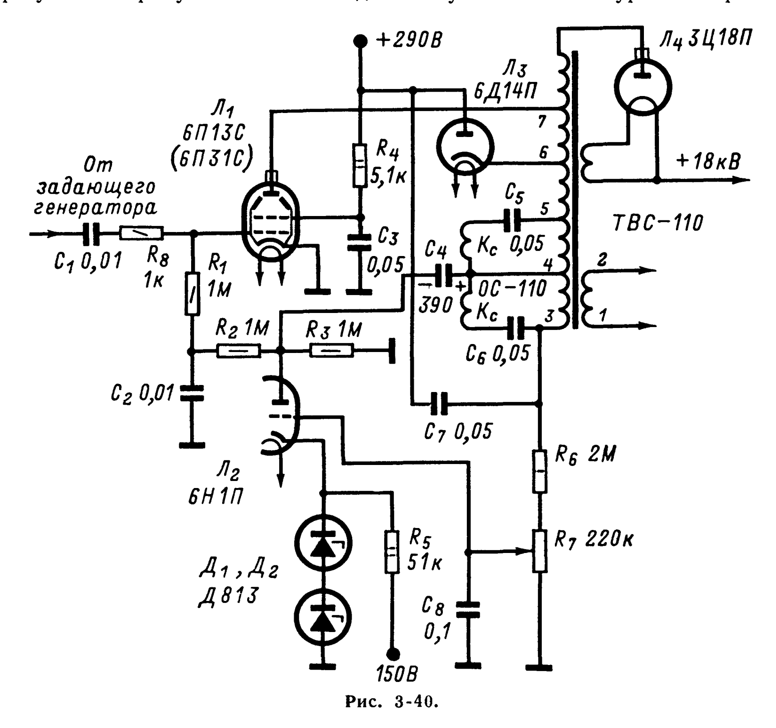


Рис. 3-40.

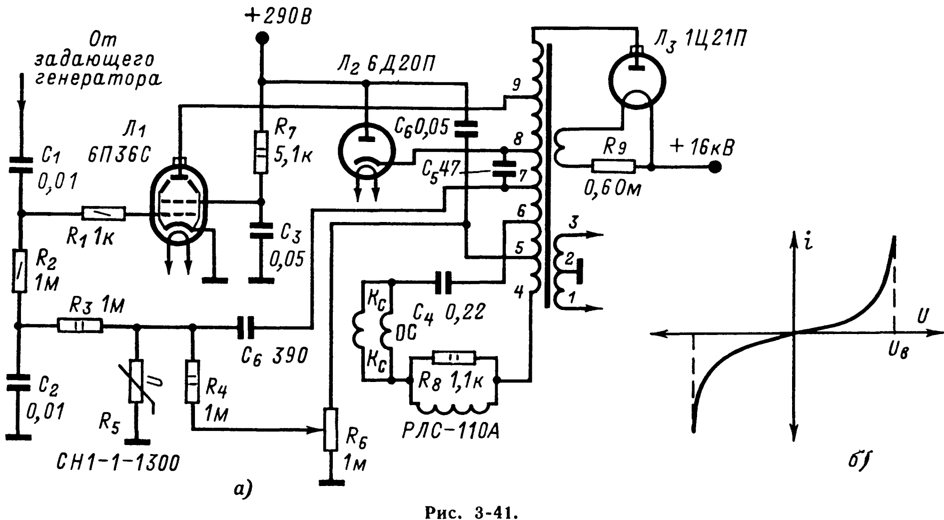


Рис. 3-41.

Схема стабилизации строчной развертки с варистором (рис. 3-41). Принцип работы

этой схемы аналогичен схеме рис. 3-40, с той лишь разницей, что вместо триода в качестве выпрямителя с большой отсечкой используется варистор. При малом приложенном напряжении сопротивление варистора велико и лишь при некотором определенном напряжении $U_в$ резко уменьшается (рис. 3-41, *б*).

В схеме рис. 3-41, *а* на варистор R_5 через конденсатор C_6 с обмотки ТВС подаются импульсы обратного хода положительной полярности. Сопротивление варистора СН1-1-1300 уменьшается при большом приложенном напряжении, поэтому конденсатор C_6 заряжается вершинами импульсов обратного хода. В результате при изменениях выходной мощности отрицательное напряжение, снимаемое с этого конденсатора на управляющую сетку лампы $Л_1$, сильно меняется, что приводит к глубокой компенсации указанных изменений. С потенциометра R_6 через резистор R_4 на варистор подается положительное напряжение, что позволяет изменять отрицательное напряжение на управляющей сетке лампы $Л_1$ и устанавливать требуемую выходную мощность и необходимый размер изображения по горизонтали.

Стабилизация кадровой развертки

Стабилизация кадровой развертки особенно необходима в телевизоре с взрывобезопасным кинескопом, имеющим прямоугольный экран с соотношением сторон 4 : 5. Так как согласно принятому стандарту передается изображение с соотношением сторон 3 : 4, то при совпадении верхней и нижней его кромок с соответствующими границами экрана указанных кинескопов боковые кромки изображения оказываются за пределами экрана и часть изображения пропадает. Если не применять стабилизации, то с целью компенсации возможного уменьшения размеров растра из-за падения напряжения сети, прогрева деталей и старения ламп придется увеличить размер изображения по вертикали и пропорционально еще больше увести боковые кромки изображения за пределы экрана кинескопа и потерять еще большую часть изображения.

Размер изображения по вертикали может изменяться из-за изменения амплитуды пилообразного напряжения на выходе задающего генератора (это происходит в результате изменения напряжения питания зарядной цепи, крутизны лампы при ее старении и напряжения накала), а также из-за изменения параметров лампы оконечного каскада. Кроме того, амплитуда пилообразного тока в кадровых отклоняющих катушках может изменяться в результате изменения сопротивления этих катушек и обмоток ТВК при нагреве. В телевизорах с современными кинескопами из-за увеличения угла отклонения луча до 110° к отклоняющим катушкам подводится большая мощность. Это приводит к сильному нагреву катушек и заставляет принимать дополнительные меры для стабилизации размера изображения по вертикали.

Один из вариантов схемы стабилизированной кадровой развертки приведен на рис. 3-42. Для того чтобы размер изображения по вертикали не зависел от перечисленных выше причин, в схему введен ряд цепей и элементов, уменьшающих влияние дестабилизирующих факторов. Повышение стабильности блокинг-генератора достигается благодаря включению варистора R_1, который стабилизирует напряжение питания зарядной цепи R_2C_3. Этим самым не только стабилизируется амплитуда пилообразного напряжения на

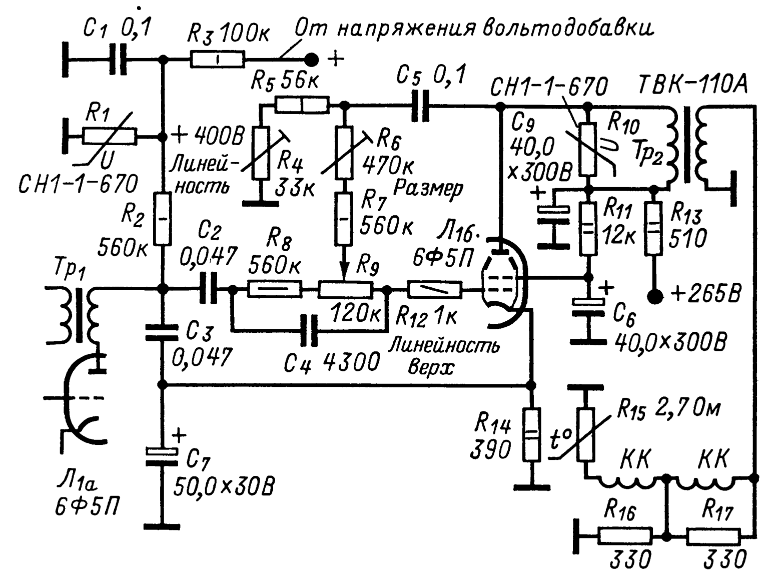


Рис. 3-42.

конденсаторе C_3, но и улучшается стабильность частоты блокинг-генератора.

Цепь отрицательной обратной связи C_5R_4 — R_7 с анода на управляющую сетку и отрицательная обратная связь по постоянному току за счет цепи автоматического смещения $R_{14}C_7$ стабилизируют режим лампы $Л_{1б}$ и уменьшают влияние старения этой лампы и изменений питающего напряжения на мощность, отдаваемую этим каскадом в нагрузку. Варистор R_{10} используется лишь для ограничения большого импульсного напряжения, возникающего на первичной обмотке трансформатора $Тр_2$ во время обратного хода, и стабильность схемы не улучшает.

Чтобы обеспечить точную настройку гетеродина и получить изображение лучшего качества, в телевизорах классов I и II применяют автоматическую подстройку гетеродина (АПЧГ). Один из возможных вариантов такой схемы приведен на рис. 3-43. На управляющую сетку лампы $Л_1$ через конденсатор C_1 подается сигнал с нагрузки последнего каскада УПЧИ. В анодную цепь лампы $Л_1$ включен контур частотного детектора $L_1C_3L_2C_4$, настроенный на ту частоту, где располагается ПЧ изображения при точной настройке гетеродина. Если несущая ПЧ изображения из-за дрейфа или неточной настройки гетеродина отклоняется от этой частоты, то на нагрузке

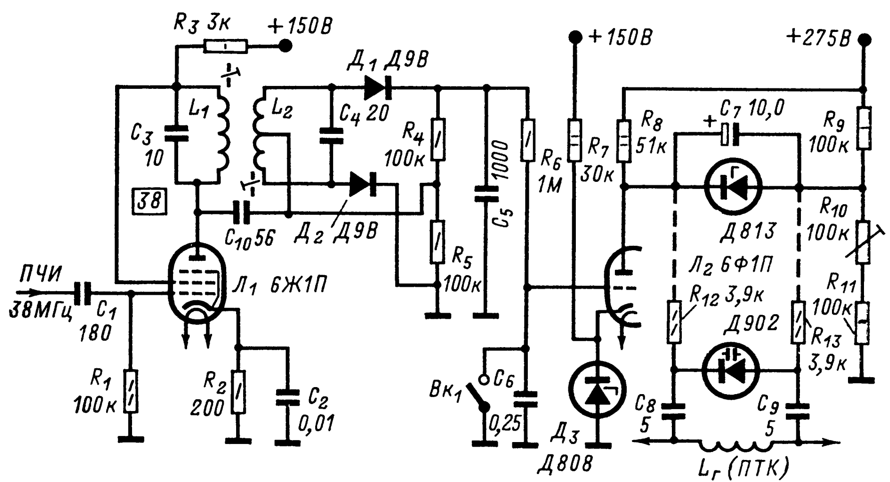


Рис. 3-43.

Возрастание сопротивления отклоняющих катушек $КК$ при нагреве компенсируется благодаря включению терморезистора R_{15}. Этот терморезистор расположен внутри отклоняющей системы и нагревается вместе с катушками $КК$. При нагреве сопротивление терморезистора уменьшается. В результате сопротивление всей цепи, подключенной ко вторичной обмотке трансформатора $Тр_2$, изменяется мало и ток в отклоняющих катушках практически не уменьшается.

Автоматическая подстройка частоты гетеродина

При уходе частоты гетеродина из-за прогрева деталей и изменения питающих напряжений, а также при неточной его настройке вручную (при помощи переменного конденсатора) изменяется положение несущих частот изображения и звука на частотной характеристике УПЧИ. Если частота гетеродина повышается, то несущая частота изображения располагается на склоне характеристики по уровню ниже 0,5, а несущая звука передвигается из полосы режекции в полосу пропускания УПЧИ. При этом линии на изображении становятся выпуклыми, пластичными, оно воспроизводится без полутонов и с помехами от звука.

частотного детектора появляется напряжение, знак которого зависит от того, в какую сторону произошло это отклонение. Полученное напряжение после фильтрации фильтром R_6C_6 и усиления лампой $Л_2$ используется для управления частотой гетеродина. С этой целью оно подается через резисторы R_{12} и R_{13} на варикап, подключенный через конденсаторы C_8 и C_9 к контуру гетеродина с катушкой $L_г$, и изменяет его емкость. Чтобы изменения напряжения, питающего анодную цепь лампы $Л_2$, меньше влияли на частоту гетеродина, варикап включен в диагональ моста, плечи которого образованы внутренним сопротивлением этой лампы, резистором ее нагрузки R_8 и резисторами R_9, R_{10} и R_{11}. Кремниевый стабилитрон *Д813* ограничивает пределы изменения напряжения на варикапе и предохраняет его от пробоя при выходе из строя лампы $Л_2$.

Для создания смещения на сетке лампы $Л_2$ используется стабилитрон $Д_3$, динамическое сопротивление которого мало (несколько Ом). Поэтому из-за включения его в катодную цепь лампы $Л_2$ отрицательная обратная связь практически не возникает и усиление этого каскада не уменьшается. Строго говоря, стабилитрон $Д_3$ является источником опорного напряжения, с которым сравнивается выходное напряжение частотного детектора,

поступающее на сетку лампы $Л_2$. Полученная после сравнения этих напряжений разность и усиливается лампой $Л_2$.

Потенциометр R_{10} служит для балансировки схемы моста и установки начального смещения на варикапе $Д_4$. Эти операции производят, выключив АПЧГ — замкнув контакты выключателя $Вк_1$. При этом потенциометр R_{10} можно использовать для ручной настройки гетеродина.

Катушки контура частотного детектора в схеме рис. 3-43 наматываются на каркасе диаметром 7,5 мм на расстоянии друг от друга 10 мм виток к витку, содержат по 10 витков провода ПЭЛШО 0,35 и снабжаются латунными сердечниками для подстройки. Контур заключается в экран размерами 21 × 21 × 36 мм.

Автоматическое гашение луча кинескопа

После выключения телевизора на втором аноде кинескопа остается высокое напряжение, которым заряжена емкость между этим анодом и внешним графитовым покрытием колбы кинескопа, а накаленный катод продолжает испускать электроны. Генераторы развертки в это время уже не работают и остановившийся луч высвечивает на экране кинескопа яркое пятно и может даже прожечь люминофор, на котором из-за этого появится темная точка или полоска. Чтобы предотвратить прожог люминофора, применяют схемы, осуществляющие автоматическое гашение луча после выключения телевизора и при возникновении неисправностей в генераторах развертки.

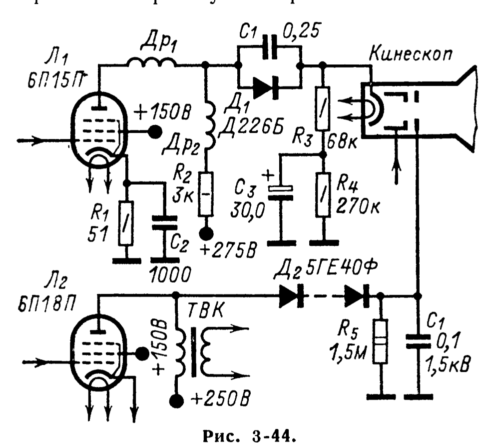


Рис. 3-44.

Схема автоматического гашения луча при выходе из строя кадровой развертки (рис. 3-44) содержит выпрямительный столб $Д_2$, который работает в выпрямителе импульсов обратного хода, снимаемых с первичной обмотки ТВК. Напряжение с выхода этого выпрямителя используется в качестве ускоряющего и подается на соответствующий электрод кинескопа. При выходе из строя кадровой развертки ускоряющее напряжение исчезает, из-за чего напряжения, приложенные к остальным электродам кинескопа, не могут отпереть электронный прожектор и луч оказывается погашенным.

Схема автоматического гашения луча кинескопа после выключения телевизора состоит из диода $Д_1$, резисторов R_3 и R_4 и конденсатора C_3. После выключения телевизора напряжение на конденсаторе C_3 остается, а на аноде лампы $Л_1$ видеоусилителя исчезает сразу. При этом диод $Д_1$ запирается и конденсатор может разрядиться лишь через резистор R_4. Постоянная времени цепи разряда выбирается такой, чтобы на все время, пока катод кинескопа еще не остыл, на конденсаторе C_3 сохранялось напряжение, достаточное для запирания электронного прожектора.

3-7. БЛОКИ И УЗЛЫ ТЕЛЕВИЗОРОВ ЗАВОДСКОГО ИЗГОТОВЛЕНИЯ

Ламповые селекторы телевизионных каналов метрового диапазона

Селектор каналов (ПТК) содержит широкополосный УВЧ по каскодной схеме на двойном триоде с малым уровнем внутренних шумов и преобразователь частоты на пентод-триоде (рис. 3-45—3-47, табл. 3-3). Для каждого из 12 телевизионных каналов в селекторе имеются отдельные контурные катушки индуктивности, расположенные в барабане переключателя. Антенный вход блока рассчитан на подключение антенного коаксиального фидера с волновым сопротивлением 75 Ом. Связь антенного фидера со входом УВЧ индуктивная (при приеме на первом канале с помощью катушек L_1 и L_2). Принятый ВЧ сигнал поступает на сетку левого по схеме триода лампы $Л_1$. На эту же сетку через штырек *4* разъема $Ш_1$ и резистор R_1 подается напряжение АРУ с приемно-усилительного блока.

Таблица 3-3

Данные контурных катушек блоков ПТК-5, ПТК-10БС

Номер канала	Обозначение в схеме	Число витков, марка и диаметр провода
1	L_1	3 ПЭВ 0,51
	L_2	32 ПЭВ 0,51
	L_{25}	19 ПЭВ 0,51
	L_{26}	18 ПЭВ 0,31
	L_{27}	12 ПЭЛ 0,31
2	L_3	3 ПЭВ 0,51
	L_4	26 ПЭВ 0,51
	L_{28}	14 ПЭВ 0,31
	L_{29}	13 ПЭВ 0,31
	L_{30}	10 ПЭЛ 0,31
3	L_5	2 ПЭВ 0,51
	L_6	18 ПЭВ 0,51
	L_{31}	11 ПЭВ 0,31
	L_{32}	11 ПЭВ 0,31
	L_{33}	9 ПЭЛ 0,31
4	L_7	2 ПЭВ 0,51
	L_8	16 ПЭВ 0,51
	L_{31}	10 ПЭВ 0,31
	L_{35}	9 ПЭВ 0,31
	L_{36}	8 ПЭЛ 0,31

Продолжение табл. 3-3

Номер канала	Обозначение в схеме	Число витков, марка и диаметр провода
5	L_9	2 ПЭВ 0,51
	L_{10}	15 ПЭВ 0,51
	L_{37}	9 ПЭВ 0,51
	L_{38}	9 ПЭВ 0,51
	L_{39}	6 ПЭЛ 0,51
6	L_{11}	1 ПЭВ 0,8
	L_{12}	5 ПЭВ 0,41
	L_{40}	3 ПЭВ 0,41
	L_{41}	3 ПЭВ 0,41
	L_{42}	3 ПЭЛ 0,8
7	L_{13}	1 ПЭВ 0,8
	L_{14}	5 ПЭВ 0,51
	L_{43}	3 ПЭВ 0,51
	L_{44}	3 ПЭВ 0,51
	L_{45}	3 ПЭВ 0,8
8	L_{15}	1 ПЭВ 0,8
	L_{16}	4 ПЭВ 0,8
	L_{46}	3 ПЭВ 0,8
	L_{47}	3 ПЭВ 0,8
	L_{48}	3 ПЭЛ 1,0
9	L_{17}	1 ПЭВ 0,8
	L_{18}	4 ПЭВ 0,8
	L_{49}	3×2 ПЭВ 0,51
	L_{50}	3×2 ПЭВ 0,51
	L_{51}	3 ПЭЛ 1,0
10	L_{19}	1 ПЭВ 0,8
	L_{20}	3 ПЭВ 0,41
	L_{52}	2 ПЭВ 0,41
	L_{53}	2 ПЭВ 0,41
	L_{54}	3 ПЭЛ 1,0
11	L_{21}	1 ПЭВ 0,8
	L_{22}	3 ПЭВ 0,41
	L_{55}	2 ПЭВ 0,51
	L_{56}	2 ПЭВ 0,8
	L_{57}	3 ПЭЛ 0,8
12	L_{23}	1 ПЭВ 0,8
	L_{24}	3 ПЭВ 0,8
	L_{58}	2×2 ПЭВ 0,51
	L_{59}	2×2 ПЭВ 0,51
	L_{60}	2 ПЭЛ 1,0
	L_{61}	20 ПЭЛ 0,31
	L_{62}	3 ПЭЛШО 0,31
	L_{63}	12 ПЭЛ 0,31
	$Др_1$	6 ПЭЛ 0,51
	L_{64}, L_{65}	31 ПЭВТЛ-1 0,31
	$Др_2$	18 ПЭВТЛ-1 0,51
	$Др_3$	4 ПЭВТЛ-1 0,8

Примечание. Катушки L_1—L_{60} намотаны на каркасах диаметром 5 мм, L_{61} — L_{63} — на каркасах диаметром 9 мм.

Катушки сеточные, гетеродинные, L_{61} — L_{63} — снабжены латунными сердечниками — подстроечниками.

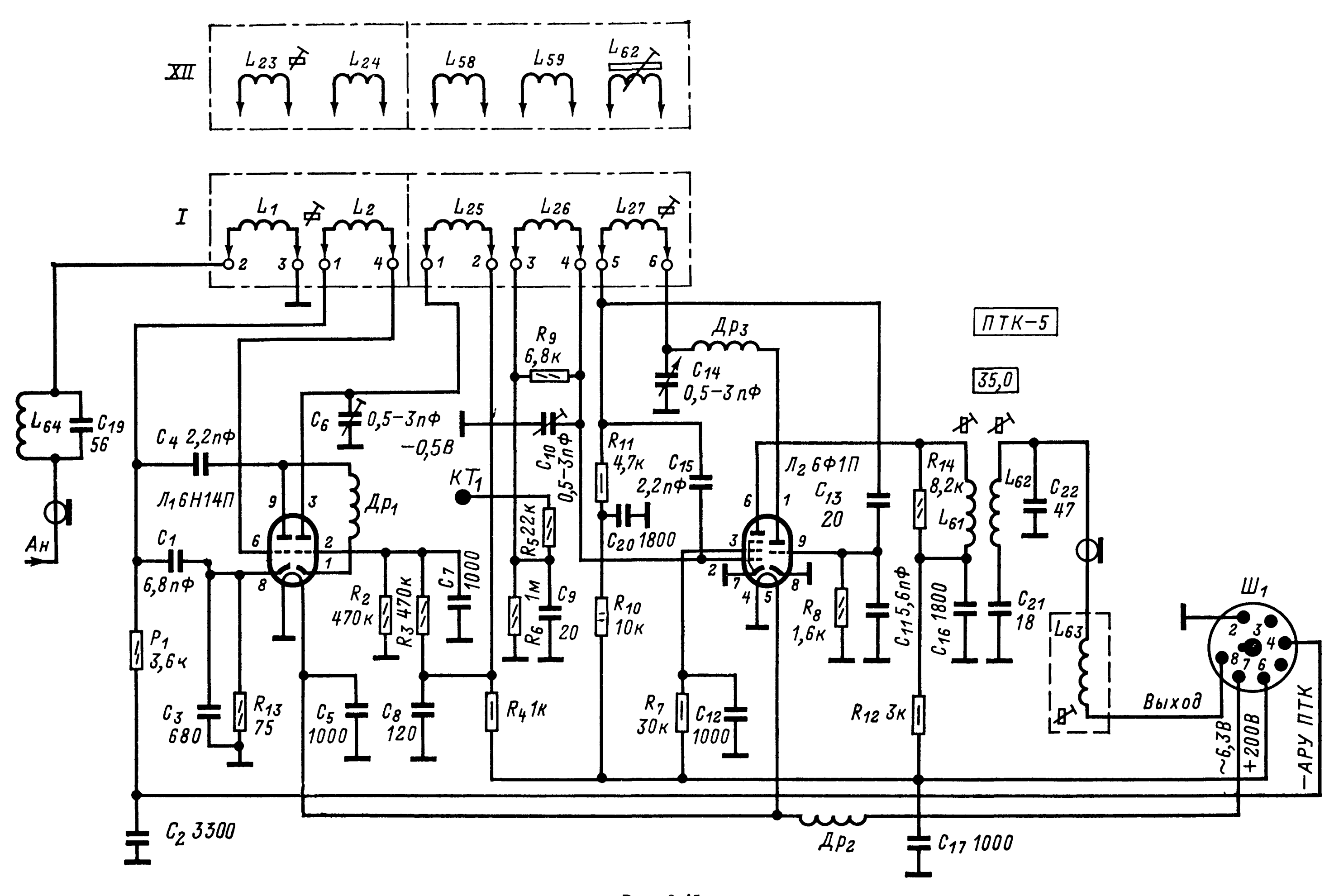
Катушка L_{61} имеет карбонильный сердечник. Все катушки, кроме L_{11} — L_{24} и L_{40} — L_{60}, намотаны виток к витку; так как все катушки могут подстраиваться раздвиганием витков, то шаг намотки катушек L_{11} — L_{24} и L_{40} — L_{60} может находиться в пределах 2—3 мм, а расстояние между катушками УВЧ анодной, сеточной и гетеродинной — в пределах 0 — 3 мм.

Таблица 3-4

Данные контурных катушек селектора ПТКП

Номер канала	Обозначение в схеме	Число витков, марка и диаметр провода
1	L_1	18 ПЭВ-1 0,12
	L_2	31 ПЭВ-1 0,15
	L_3	29 ПЭВ-1 0,15
	L_4	12 ПЭВ-1 0,19
2	L_5	17 ПЭВ-1 0,12
	L_6	25 ПЭВ-1 0,15
	L_7	24 ПЭВ-1 0,15
	L_8	10 ПЭВ-1 0,19
3	L_9	15 ПЭВ-1 0,12
	L_{10}	18 ПЭВ-1 0,15
	L_{11}	18 ПЭВ-1 0,15
	L_{12}	8 ПЭВ-1 0,19
4	L_{13}	12 ПЭВ-1 0,12
	L_{14}	15 ПЭВ-1 0,15
	L_{15}	15 ПЭВ-1 0,15
	L_{16}	7 ПЭВ-1 0,19
5	L_{17}	10 ПЭВ-1 0,12
	L_{18}	14 ПЭВ-1 0,15
	L_{19}	14 ПЭВ-1 0,15
	L_{20}	6 ПЭВ-1 0,19
6	L_{21}	7 ПЭВ-1 0,19
	L_{22}	6 ПЭВ-1 0,31
	L_{23}	6 ПЭВ-1 0,31
	L_{24}	3 ПЭВ-1 0,31
7	L_{25}	6 ПЭВ-1 0,19
	L_{26}	6 ПЭВ-1 0,31
	L_{27}	5 ПЭВ-1 0,31
	L_{28}	2,5 ПЭВ-1 0,31
8	L_{29}	6 ПЭВ-1 0,31
	L_{30}	6 ПЭВ-1 0,31
	L_{31}	5 ПЭВ-1 0,31
	L_{32}	2,5 ПЭВ-1 0,31
9	L_{33}	6 ПЭВ-1 0,31
	L_{34}	5 ПЭВ-1 0,31
	L_{35}	5 ПЭВ-1 0,31
	L_{36}	2 ПЭВ-1 0,31
10	L_{37}	6 ПЭВ-1 0,31
	L_{38}	5 ПЭВ-1 0,31
	L_{39}	4 ПЭВ-1 0,31
	L_{40}	2 ПЭБ-1 0,31
11	L_{41}	5 ПЭВ-1 0,31
	L_{42}	4 ПЭВ-1 0,31
	L_{43}	4 ПЭВ-1 0,31
	L_{44}	1,5 ПЭВ-1 0,41
12	L_{45}	5 ПЭВ-1 0,31
	L_{46}	4 ПЭВ-1 0,31
	L_{47}	3 ПЭВ-1 0,31
	L_{48}	1,5 ПЭВ-1 0,41
	L_{49}	12 ПЭВ-1 0,19
	L_{50}	13 ПЭВ-1 0,19
	L_{52}	21 ПЭВ-1 0,12

Примечание. Катушки намотаны виток к витку; L_1—L_{48} на каркасах диаметром 3 мм с латунными сердечниками диаметром 2 мм, а L_{49} — L_{50} — на каркасах диаметром 5 мм с латунными сердечниками диаметром 3 мм.



XII
L23
L24
L58
L59
L62
I
L1
L2
L25
L26
L27
ПТК-5
35,0
L64
C19 56
Ан
C4 2,2пФ
Л1 6Н14П
C1 6,8пФ
P1 3,6к
C3 680
R13 75
C2 3300
C6 0,5-3пФ
Др1
R2 470к
R3 470к
C7 1000
C5 1000
C8 120
R4 1к
−0,5В
KT1
R9 6,8к
C10 0,5-3пФ
R5 22к
R6 1м
C9 20
R11 4,7к
C20 1800
R10 10к
C15 2,2пФ
Др3
C14 0,5-3пФ
Л2 6Ф1П
C13 20
R7 30к
C12 1000
R8 1,6к
C11 5,6пФ
R14 8,2к
L61
C16 1800
R12 3к
C17 1000
Др2
L62
C22 47
C21 18
L63
Ш1
Выход
~6,3В
+200В
−АРУ ПТК

Рис. 3-45.

Между анодом левого триода и катодом правого триода лампы $Л_1$ имеется резонансный контур, образованный выходной емкостью левого триода и дросселем $Др_1$. Полоса пропускания этого контура достаточно равномерна для большинства принимаемых каналов.

Через двухконтурный полосовой фильтр, состоящий из конденсаторов C_6, C_9, C_{10} и катушек индуктивности (L_{25} и L_{26} для первого канала), усиленный ВЧ сигнал поступает на управляющую сетку пентодной части лампы $Л_2$, работающей в смесителе преобразователя (рис. 3-47). С выхода селектора сигнал поступает на вход УПЧИ через штырек 8 разъема $Ш_1$, при помощи которого блок ПТК соединяется с основными блоками телевизора.

В контуре гетеродина селектора ПТК-11, используемого в цветных телевизорах, имеется варикап Д902, изменением смещения на котором осуществляется электронная настройка этого контура и АПЧГ.

Число 38 (46, 74 или 86), входящее в обозначение селектора, соответствует длине оси в миллиметрах его переключателя каналов.

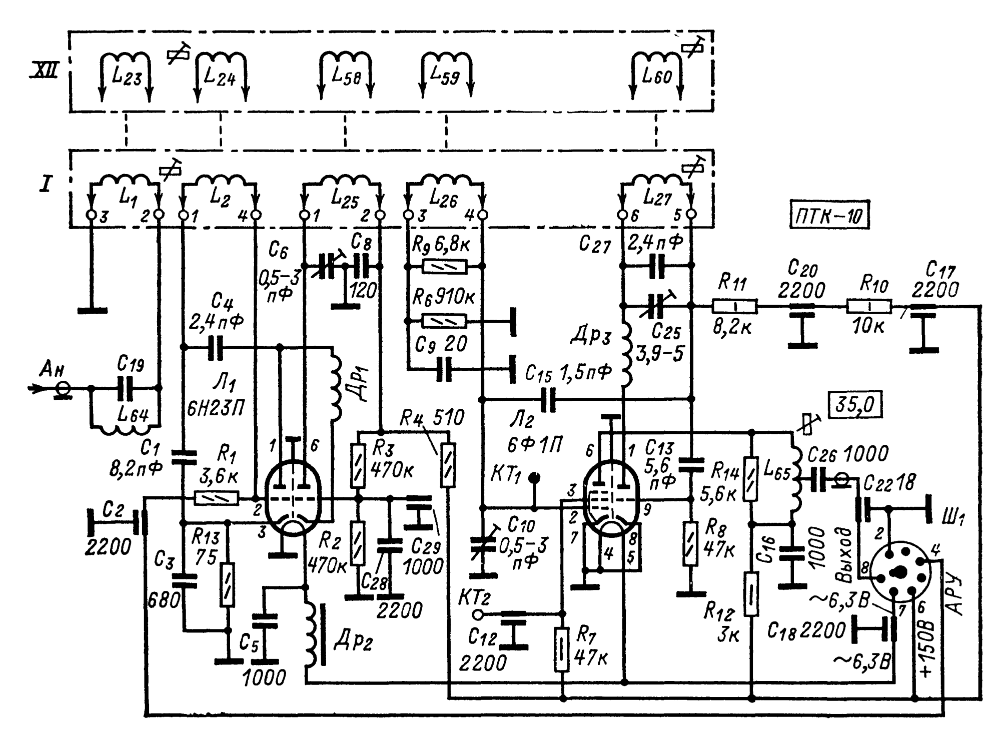


Рис. 3-46.

частоты. На эту же сетку через конденсатор C_{15} поступает напряжение гетеродина, в котором работает триодная часть лампы $Л_2$. При этом в цепи управляющей сетки пентодной части лампы $Л_2$ протекает сеточный ток, образующий падение напряжения на резисторе R_6. Наличие падения напряжения можно обнаружить вольтметром, подключив его к контрольной точке $КТ_1$. При неисправном гетеродине падения напряжения нет. Конденсатором C_{14} производится ручная подстройка частоты гетеродина (рис. 3-45).

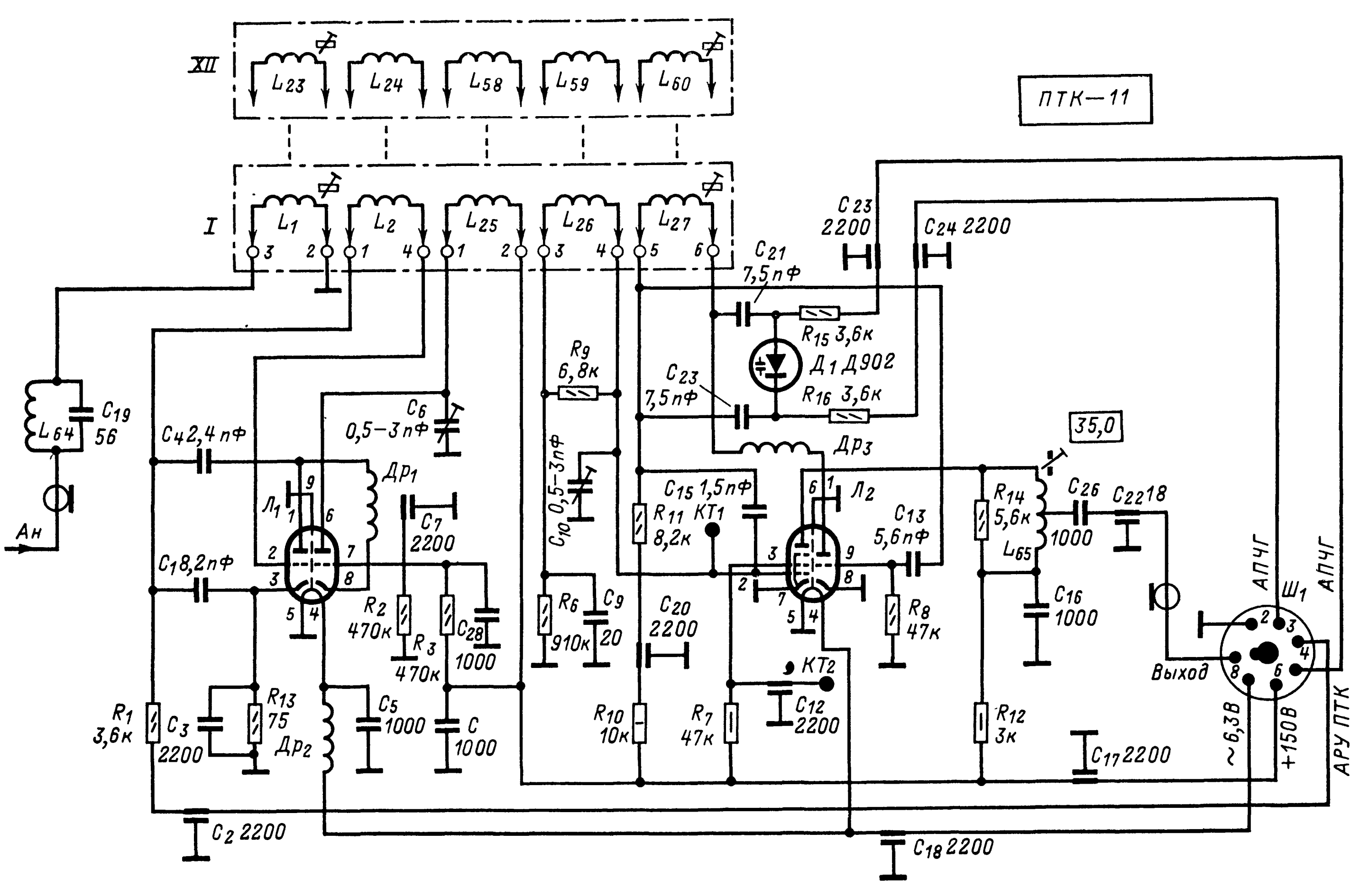
Спектр промежуточных частот с несущей изображения 38 МГц и несущей звукового сопровождения 31,5 МГц выделяется двухконтурным полосовым фильтром, образованным катушками L_{61} — L_{63} с емкостями ламп и кабеля в селекторе ПТК-5 (рис. 3-45) или одиночным контуром с катушкой L_{65} в селекторе ПТК-10 БС (рис. 3-46) и ПТК-11

Транзисторный селектор телевизионных каналов метрового диапазона

Транзисторный селектор ПТКП на телевизионные каналы 1—12 (рис. 3-48, табл. 3-4) выпускался для переносных телевизоров «Юность».

Усилитель ВЧ на транзисторе T_1 выполнен по схеме ОЭ с применением нейтрализации проходной емкости цепью $L_{51}C_7$. В цепь базы транзистора T_1 включен П-контур, образованный конденсаторами C_6, C_5, входной емкостью транзистора, емкостью монтажа и катушками L_1 — L_{45}, переключаемыми при приеме в каналах 1—12. Фильтры $L_{49}C_2$ и $L_{50}C_4$ — заградительные, обеспечивают избирательность блока по промежуточной частоте.

Цепь коллектора транзистора T_1 связана через полосовой фильтр с катушками L_2 — L_{47}



ПТК—11
XII
L23
L24
L58
L59
L60
I
L1
L2
L25
L26
L27
C19 56
L64
Ан
C4 2,4 пФ
C1 8,2 пФ
Л1
Др1
C6 0,5—3 пФ
C7 2200
R2 470к
R3 470к
C28 1000
C5 1000
C 1000
Др2
R1 3,6к
C3 2200
R13 75
C2 2200
R9 6,8к
C10 0,5—3 пФ
R6 910к
C9 20
C20 2200
R10 10к
R11 8,2к
KT1
C15 1,5 пФ
C21 7,5 пФ
C23 7,5 пФ
R15 3,6к
Д1 Д902
R16 3,6к
Др3
C23 2200
C24 2200
Л2
C13 5,6 пФ
R8 47к
R7 47к
KT2
C12 2200
C18 2200
35,0
R14 5,6к
L65
C26 1000
C22 18
C16 1000
R12 3к
C17 2200
АПЧГ
Ш1
АПЧГ
Выход
~6,3В
+150В
АРУ ПТК

Рис. 3-47.

с цепью базы транзистора T_2, работающего в смесителе. В первичный контур этого фильтра входят выходная емкость транзистора T_1, емкость монтажа, конденсаторы C_9 и C_{11}, а во вторичный — входная емкость транзистора T_2, емкость монтажа и конденсаторы C_{12}, C_{13}.

Через фильтр C_8R_1 на базу транзистора T_1 подается напряжение АРУ. При увеличении принимаемого сигнала это напряжение сильнее отпирает транзистор T_1, падение напряжения на резисторе R_5 увеличивается, а на транзисторе — уменьшается, что приводит к уменьшению усиления каскада.

Транзистор смесителя T_2 включен по схеме ОЭ. Через конденсатор C_{14} на него подается напряжение гетеродина. По высокой

Приставка П-СК-Д-3 к телевизору для приема программ в диапазоне ДМВ

Приставка является конвертором, преобразующим частоты дециметрового диапазона волн (каналы 21—39, частоты 470—622 МГц) в частоты второго (или первого) телевизионного канала.

Основными частями приставки являются: входной полосовой фильтр, состоящий из двух экранированных резонаторов прямоугольного сечения (см. § 1-2), перестраиваемый конденсаторами C_1, C_4 и C_2, C_5 (рис. 3-49), преобразователь частоты на транзисторе ГТ313Б и стабилизированный выпрямитель, обеспечивающий питание приставки от сети переменного тока напряжением 220 или 127 В.

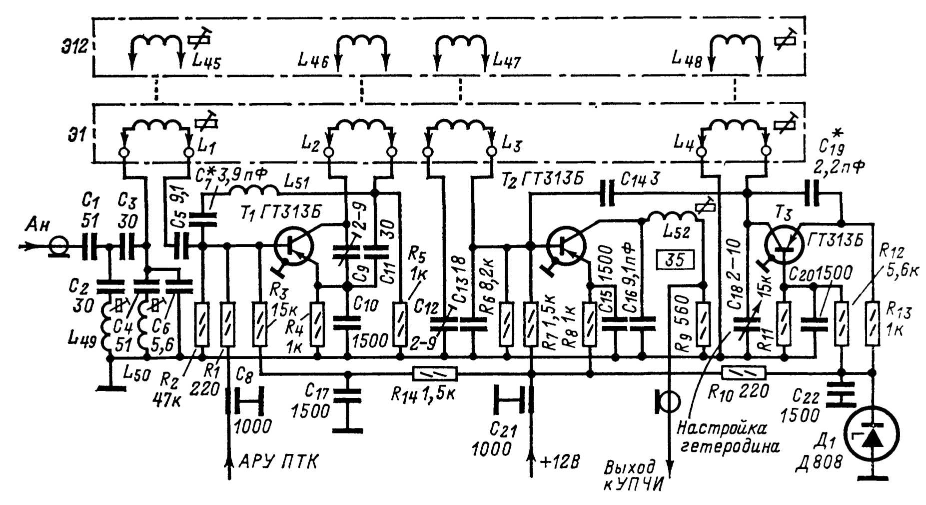


Рис. 3-48.

частоте эмиттер транзистора T_2 заземлен через конденсатор C_{15}. Нагрузкой смесителя является контур $L_{52}C_{16}R_9$, настроенный на полосу промежуточных частот (несущая 38 МГц для изображения и 31,5 МГц — для звукового сопровождения). Выходное напряжение с резистора R_9 по ВЧ кабелю подается на вход УПЧИ.

Транзистор T_3, включенный по схеме ОБ, работает в схеме гетеродина с емкостной обратной связью. Его режим по постоянному току устанавливается резисторами R_{11} — R_{13}. Напряжение питания гетеродина стабилизировано стабилитроном $Д_1$. Положительная обратная связь из цепи коллектора в цепь эмиттера осуществляется через конденсатор C_{19}. В такой схеме уровень генерируемого сигнала оказывается постоянным во всем рабочем диапазоне, так как уменьшение усиления транзистора T_3 с повышением частоты компенсируется увеличением внутренней обратной связи. В контур гетеродина входят катушки L_4 — L_{48}, и конденсатор переменной емкости C_{18}, которым осуществляется плавная настройка на выбранном канале.

В качестве внешних проводников резонаторов используется металлический корпус приставки, разделенный перегородками на камеры. Связь между резонаторами полосового фильтра осуществляется через щель в перегородке между ними. Первый резонатор связан с антенной при помощи одного витка L_1, а второй резонатор связан витком L_4 с эмиттером транзистора, включенным по схеме ОБ.

Колебательный контур гетеродина образован конденсаторами C_3, C_6 — C_8 и отрезком линии L_5. Обратная связь осуществляется через емкости переходов транзистора и конденсатор C_{11}. Частота генерируемых колебаний ниже частот принимаемых сигналов.

Настройка приставки на желаемый канал производится блоком конденсаторов переменной емкости $C_1C_2C_3$.

Катушка индуктивности L_6 совместно с емкостями коллекторного перехода транзистора, конденсаторов контура гетеродина и конденсатора C_{13} образует П-контур, пропускающий полосу частот, соответствующих частотам первого и второго телевизионных каналов. Подстроечные конденсаторы C_4 — C_6

служат для сопряжения настройки контуров во всем диапазоне.

Приставка соединяется со входом телевизора через разъем $А_3$. Дроссель *Др* уменьшает излучение гетеродина приставки в антенну (через переключатель $П_1$).

Принимаемый сигнал преобразуется на частоты второго телевизионного канала.

Напряжение питания транзистора $Т_1$ стабилизировано при помощи стабилитрона $Д_1$.

Коэффициенты усиления каскадов высоки, и стабильная их работа обеспечивается нейтрализацией проходной емкости ламп второго и третьего каскадов. Нейтрализация выполнена по схеме моста, плечи которого образованы междуэлектродными емкостями ламп и развязывающим конденсатором $С_{314}$ и $С_{324}$ в цепи экранирующей сетки лампы.

Ширина полосы пропускания УПЧИ составляет 5 МГц; крутизна склона характеристики, на котором находится несущая ПЧ

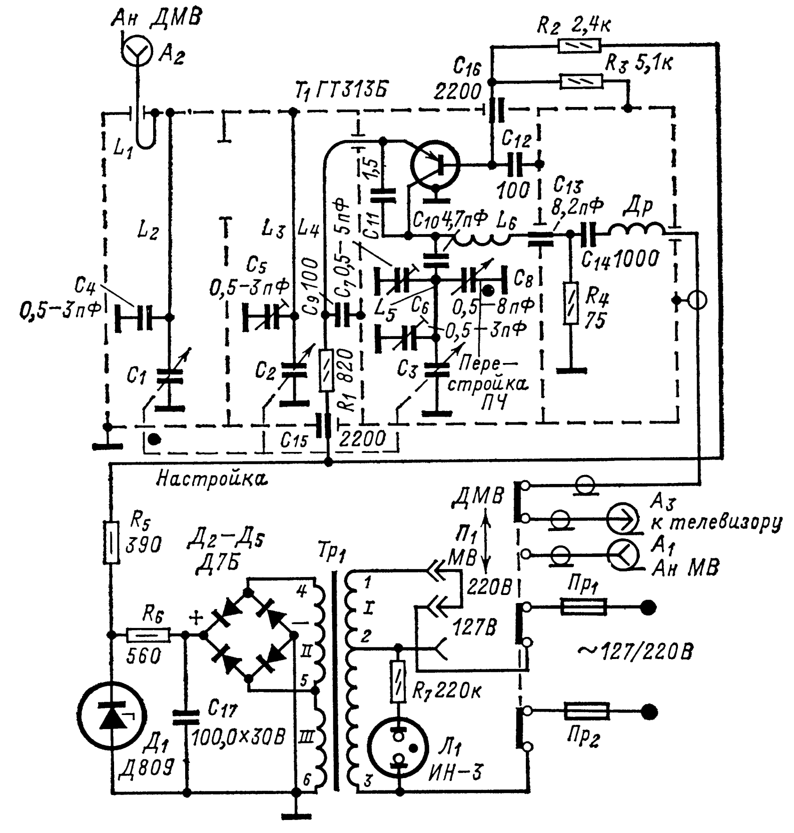


Рис. 3-49.

Трансформатор $Тр_1$ имеет сердечник УШ14×29; обмотка *I* содержит 1 260 + 1 710 витков ПЭВ-1 0,1, *II*—136 витков ПЭВ-1 0,02, *III* (экранирующая) — 152 витка ПЭВ-1 0,1 (намотана между обмотками *I* и *II*).

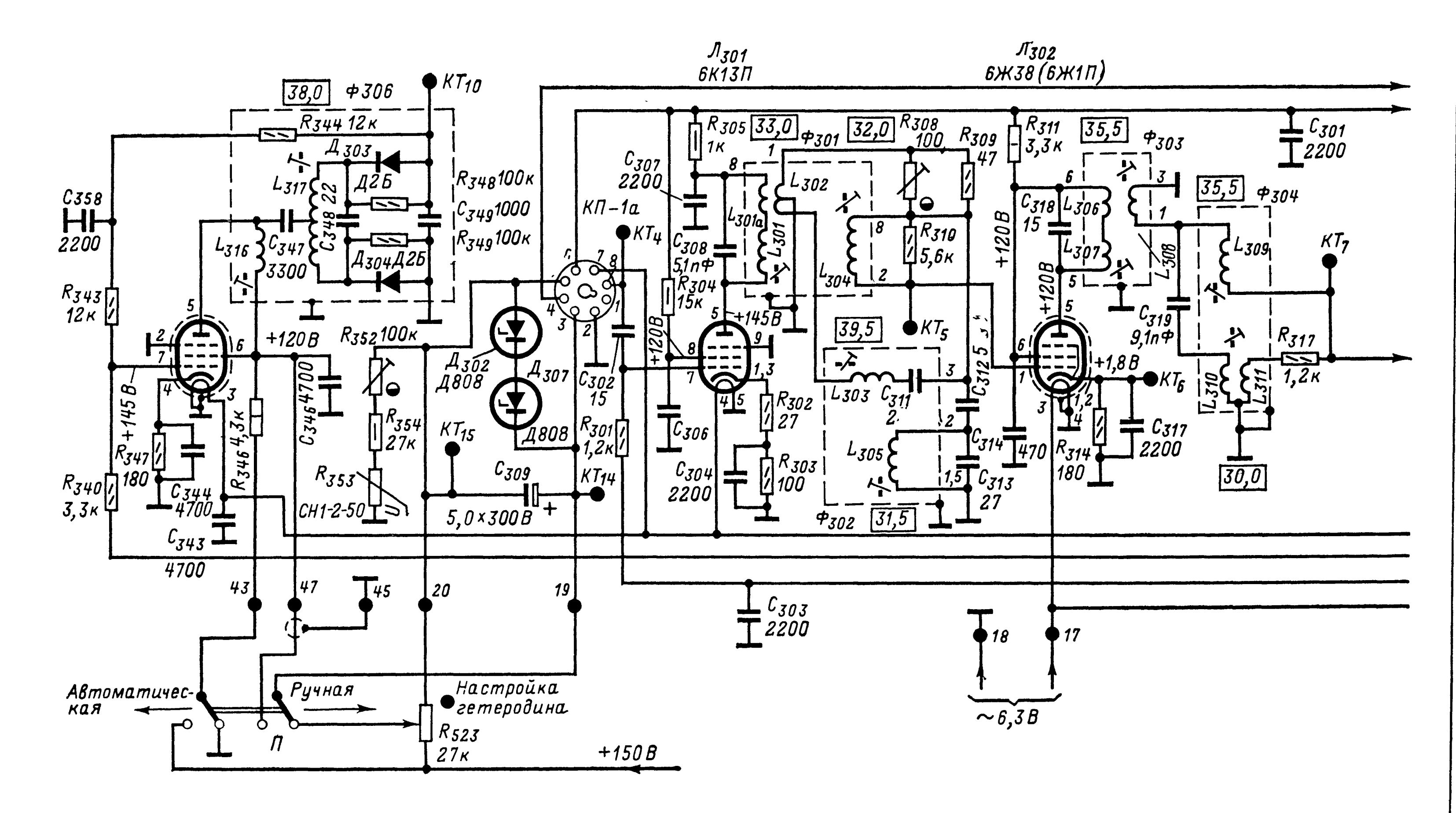
Катушка L_6 и дроссель *Др* намотаны без каркасов виток к витку на оправке диаметром 4 мм и содержат соответственно 14 витков ПЭТЛ-1 0,31 и 13 витков ПЭВТЛ-1 0,41.

Блок УПЧИ унифицированного телевизора класса II (УНТ-47/59)

Усилитель блока УПЧИ трехкаскадный на лампах $Л_{301}$ — $Л_{303}$ (рис. 3-50). Использование в первом каскаде лампы 6К13П с удлиненной сеточной характеристикой дает возможность осуществить глубокую АРУ.

изображения, 6—8 дБ/МГц; избирательность на ПЧ соседних каналов не хуже 50 дБ. Такие параметры получены применением в первом каскаде фильтра типа «дифференциальный мост» (L_{301}, L_{301a}, C_{308}, R_{308}, R_{309}, $С_{вх}Л_{302}$) (см. стр. 82), в который входят два режекторных контура, настроенных на несущую ПЧ звука принимаемого канала ($L_{305}C_{313}$) и несущую ПЧ изображения соседнего канала ($L_{303}C_{311}$).

Нагрузкой второго каскада является полосовой фильтр, в который входят катушки L_{306} — L_{308}; для регулирования связи применен карбонильный сердечник. Режекторный контур $L_{310}C_{319}$ настроен на несущую ПЧ изображения соседнего канала. С компенсационной обмотки L_{311}, связанной с этим контуром, в цепь сетки лампы $Л_{303}$ подается



Л301
6К13П
Л302
6Ж38 (6Ж1П)
38,0
Ф306
КТ10
R344 12к
Д303
Д2Б
L317
С348 22
R348 100к
С349 1000
R349 100к
Д304 Д2Б
С358
2200
L316
С347
3300
R343
12к
+120В
+145В
R347
180
R346 4,3к
С346 4700
С344
4700
R340
3,3к
С343
4700
R352 100к
R354
27к
R353
СН1-2-50
КП-1а
КТ4
Д302
Д808
Д307
Д808
С302
15
R301
1,2к
КТ15
С309
5,0×300В
КТ14
С307
2200
R305
1к
33,0
Ф301
С308
5,1пФ
R304
15к
L301а
L301
L302
+145В
С306
С304
2200
R302
27
R303
100
32,0
R308
100
R309
47
R310
5,6к
L304
КТ5
39,5
L303
С311
2
С312 5
С314
L305
С313
27
Ф302
31,5
R311
3,3к
+120В
35,5
Ф303
С318
15
L306
L307
L308
С319
9,1пФ
+1,8В
КТ6
С317
2200
R314
180
470
35,5
Ф304
L309
КТ7
L310
L311
R317
1,2к
30,0
С301
2200
С303
2200
43
47
45
20
19
18
17
~6,3В
Автоматическая
Ручная
П
Настройка гетеродина
R523
27к
+150В

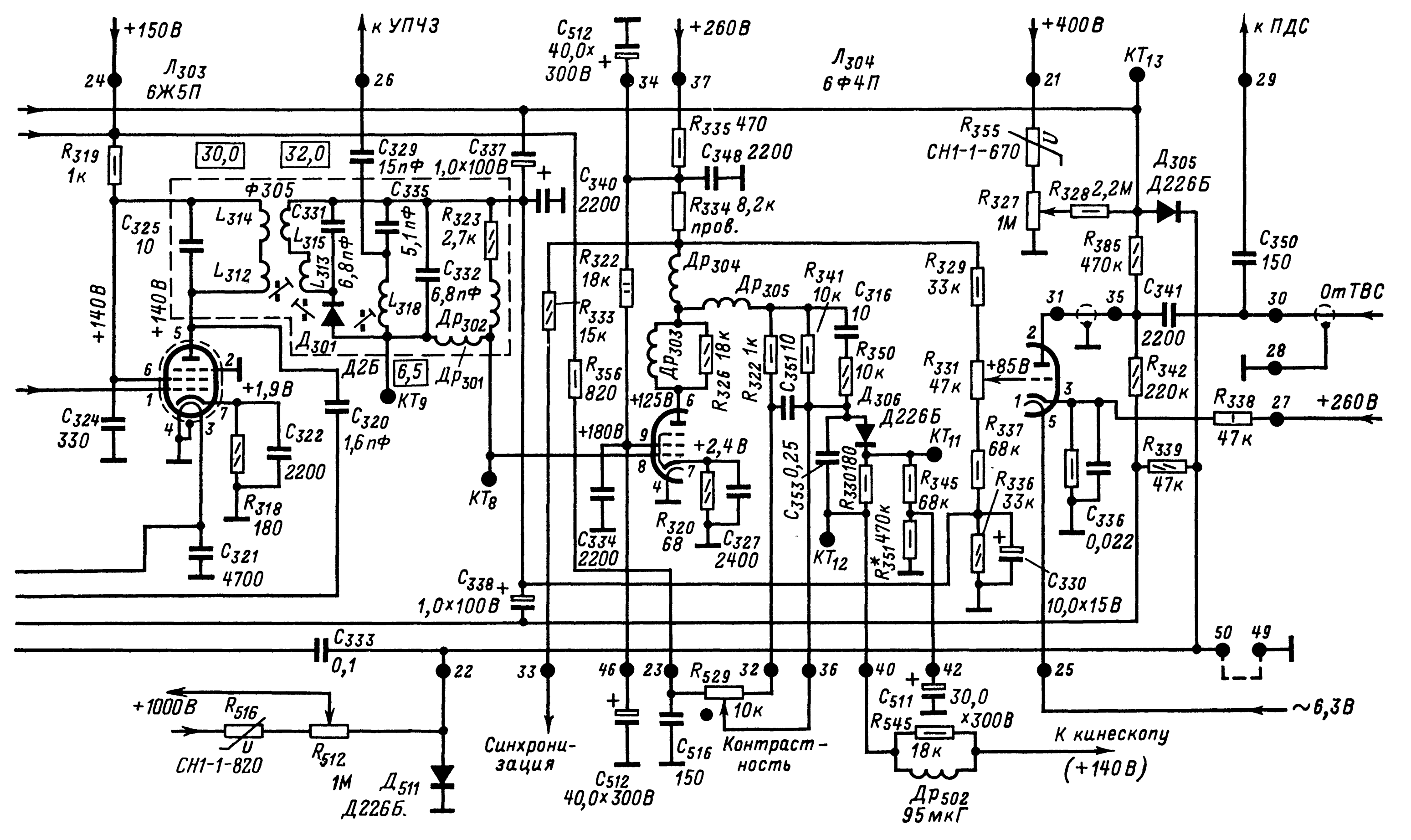

+150В
к УПЧЗ
+260В
+400В
к ПДС
КТ13
Л303
6Ж5П
Л304
6Ф4П
C512
40,0×
300В
R319
1к
R335 470
C348 2200
R355
СН1-1-670
Д305
Д226Б
R327
1М
R328 2,2М
30,0
32,0
Ф305
C329
15пФ
C337
1,0×100В
C340
2200
R334 8,2к
пров.
C335
5,1пФ
R323
2,7к
C325
10
L314
L312
L315
C331
L313
6,8пФ
L318
C332
6,8пФ
Др302
Др301
Д301
Д2Б
6,5
КТ9
КТ8
+140В
+1,9В
C324
330
C322
2200
C320
1,6пФ
R318
180
C321
4700
R322
18к
R333
15к
R356
820
Др304
Др305
R341
10к
C316
10
R329
33к
R385
470к
C341
2200
C350
150
ОтТВС
Др303
R326 18к
R322 1к
C351 10
R350
10к
Д306
Д226Б
R331
47к
+85В
R342
220к
R338
47к
+260В
+125В
+180В
+2,4В
КТ11
R337
68к
R339
47к
C334
2200
R320
68
C327
2400
C353 0,25
R330 180
R345
68к
R336
33к
C336
0,022
КТ12
R351* 470к
C330
10,0×15В
C338
1,0×100В
C333
0,1
+1000В
R516
СН1-1-820
R512
1М
Д511
Д226Б.
R529
10к
Контраст-
ность
Синхрони-
зация
C516
150
C512
40,0×300В
C511
30,0
×300В
R545
18к
Др502
95мкГ
К кинескопу
(+140В)
~6,3В

Рис. 3-50.

напряжение в противофазе, уменьшающее подъем частотной характеристики на частотах ниже 30 МГц.

Нагрузкой третьего каскада служит полосовой фильтр $L_{312}L_{314}C_{325}L_{313}L_{315}C_{331}$ с дву-

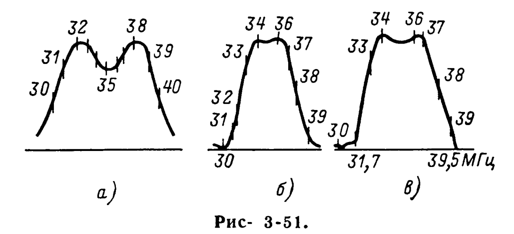


Рис- 3-51.

горбой характеристикой (рис. 3-51, *а*). Частотная характеристика второго и третьего каскадов с управляющей сетки $Л_{302}$ приведена на рис. 3-51, *б*, а общая — со входа УПЧИ — на рис. 3-51, *в*.

Видеодетектор. Нагрузкой диода $Д_{301}$ видеодетектора служит резистор R_{323} и двухзвенный фильтр $Др_{301}Др_{302}C_{332}$ (рис. 3-50). Повышенное напряжение видеосигнала (40—60 В) на выходе видеоусилителя, необходимое для хорошей модуляции кинескопов 47ЛК2Б, 50ЛК1Б, 59ЛК2Б и 61ЛК1Б, удается получить при увеличенном до 8,2 кОм сопротивлении резистора R_{334} анодной нагрузки видеоусилителя. Чтобы в этом случае получить полосу пропускания 5,2 МГц, применена сложная схема коррекции с дросселями $Др_{303}$ — $Др_{305}$ и $Др_{502}$. Контрастность регулируется потенциометром R_{529} (см. стр. 111). Элементы $Д_{306}$, C_{511}, R_{330}, R_{345} и R_{351} входят в схему гашения луча кинескопа после выключения телевизора (см. стр. 111).

Ключевая АРУ. В схеме ключевой АРУ (см. стр. 111) работает триодная часть лампы $Л_{304}$. Напряжение видеосигнала подается на сетку триода с делителя R_{329}, R_{331}, R_{337} без переходных емкостей. Благодаря этому обеспечивается передача постоянной составляющей, величина которой определяется уровнем напряжения ПЧ на входе видеодетектора, а этот уровень в свою очередь зависит лишь от величины принимаемого сигнала и не меняется при изменении содержания передаваемого изображения. Триод $Л_{304}$ заперт напряжением, снимаемым с делителя R_{336}, R_{338}, и отпирается вершинами синхроимпульсов, содержащихся в напряжении, поступающем на сетку. Элементы R_{327}, R_{355}, R_{328}, $Д_{305}$, C_{333}, $Д_{511}$, R_{512} входят в схему автоматического запирания приемного тракта на время, когда АРУ не работает. Этим предотвращается перегрузка приемного тракта и устраняется возникающий от этого шум в громкоговорителях.

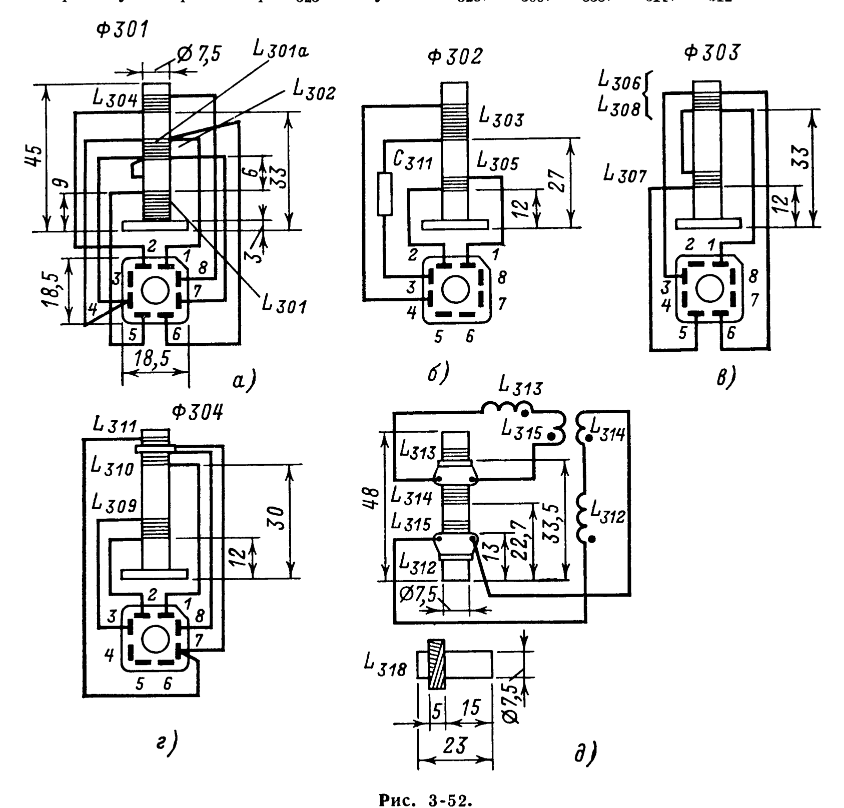


Рис. 3-52.

В течение времени, необходимого для прогрева катода демпферного диода в оконечном каскаде строчной развертки, импульсы

обратного хода на аноде триода $Л_{304}$ отсутствуют. В это время отсутствует напряжение вольтодобавки, которое через элементы R_{355}, R_{327}, R_{328}, R_{512}, R_{516} может поступить на диоды $Д_{305}$ и $Д_{511}$ и отпереть их. При этом диоды выпрямляют напряжение накала, поступающее через C_{333}, и полученное отрицательное напряжение подается на управляющие сетки ламп ПТК и первого каскада УПЧИ и запирает их. Варисторы R_{355} и R_{516} выполняют роль ключей, сопротивление которых при отсутствии напряжения вольтодобавки велико, а при наличии этого напряжения — резко уменьшается.

Схема АПЧГ. Лампа $Л_{305}$ входит в схему АПЧГ (работа ее описана на стр. 102) и выполняет функции усилителя несущей ПЧИ и усилителя напряжения регулирования. В частотном детекторе АПЧГ работают диоды $Д_{303}$ и $Д_{304}$. Варикап, изменяющий частоту гетеродина блока ПТК, включен через контакты *3* и *5* $КП_1$ в диагональ моста, состоящего из внутреннего сопротивления лампы $Л_{305}$, резистора R_{346} в анодной цепи и делителя из резисторов R_{523}, R_{352}, R_{354} и R_{353}. Диоды $Д_{302}$ и $Д_{307}$ ограничивают напряжение на варикапе. Полоса захвата схемы АПЧГ — не менее ±1 МГц. Это значит, что при такой расстройке схема может автоматически подстроить гетеродин.

Данные контурных катушек УПЧИ приведены в табл. 3-5. Катушки L_{301} — L_{311} намотаны на полистирольных каркасах (рис. 3-52, *а* — *г*) и заключены в алюминиевые экраны размерами 19,5 × 19,5 × 45 мм. Катушки L_{312} — L_{315} и L_{318} намотаны на двух каркасах, которые вместе с деталями полосового фильтра и видеодетектора находятся на печатной плате, заключенной в экран (рис. 3-52, *д*).

Таблица 3-5

Данные контурных катушек УПЧИ телевизоров УНТ-47/59

Обозначение фильтра	Обозначение по схеме	Число витков, марка и диаметр провода			Способ намотки
Ф301	L_{301}	11	ПЭЛШО	0,14	Рядовая
	L_{301a}	4	ПЭЛШО	0,14	Рядовая в три провода
	L_{302}	4×2	ПЭЛ	0,14	(Рядовая в три провода)
	L_{304}	13	ПЭЛШО	0,14	Рядовая
Ф302	L_{303}	30	ПЭЛШО	0,14	Рядовая
	L_{305}	7	ПЭЛШО	0,14	Рядовая
Ф303	L_{307}	15	ПЭЛШО	0,14	Рядовая
	L_{306}	5,5	ПЭЛШО	0,14	Рядовая в два провода
	L_{308}	5,5	ПЭЛ	0,14	(Рядовая в два провода)
Ф304	L_{309}	9	ПЭЛШО	0,14	Рядовая
	L_{310}	17	ПЭЛШО	0,14	Рядовая
	L_{311}	4	ПЭЛ	0,14	Рядовая поверх L_{310}
Ф305	L_{312}	7	ПЭЛШО	0,14	Рядовая
	L_{313}	11	ПЭВ-1	0,14	Рядовая
	L_{314}	4,5	ПЭЛШО	0,14	Рядовая в два провода
	L_{315}	4,5	ПЭВ-1	0,14	(Рядовая в два провода)
	L_{318}	57	ПЭВ-1	0,14	Универсаль
	$Др_{301}$	115	ПЭЛШО	0,12	Универсаль
	$Др_{302}$	185	ПЭЛШО	0,12	Универсаль
Ф306	L_{316}	15	ПЭВ-1	0,41	Рядовая
	L_{317}	4×2	ПЭВ-1	0,41	Рядовая в два провода
	$Др_{303}$	165	ПЭЛШО	0,12	Универсаль
	$Др_{304}$	270	ПЭЛШО	0,12	Универсаль
	$Др_{305}$	115	ПЭЛШО	0,12	Универсаль
	$Др_{502}$	165	ПЭЛШО	0,12	Универсаль

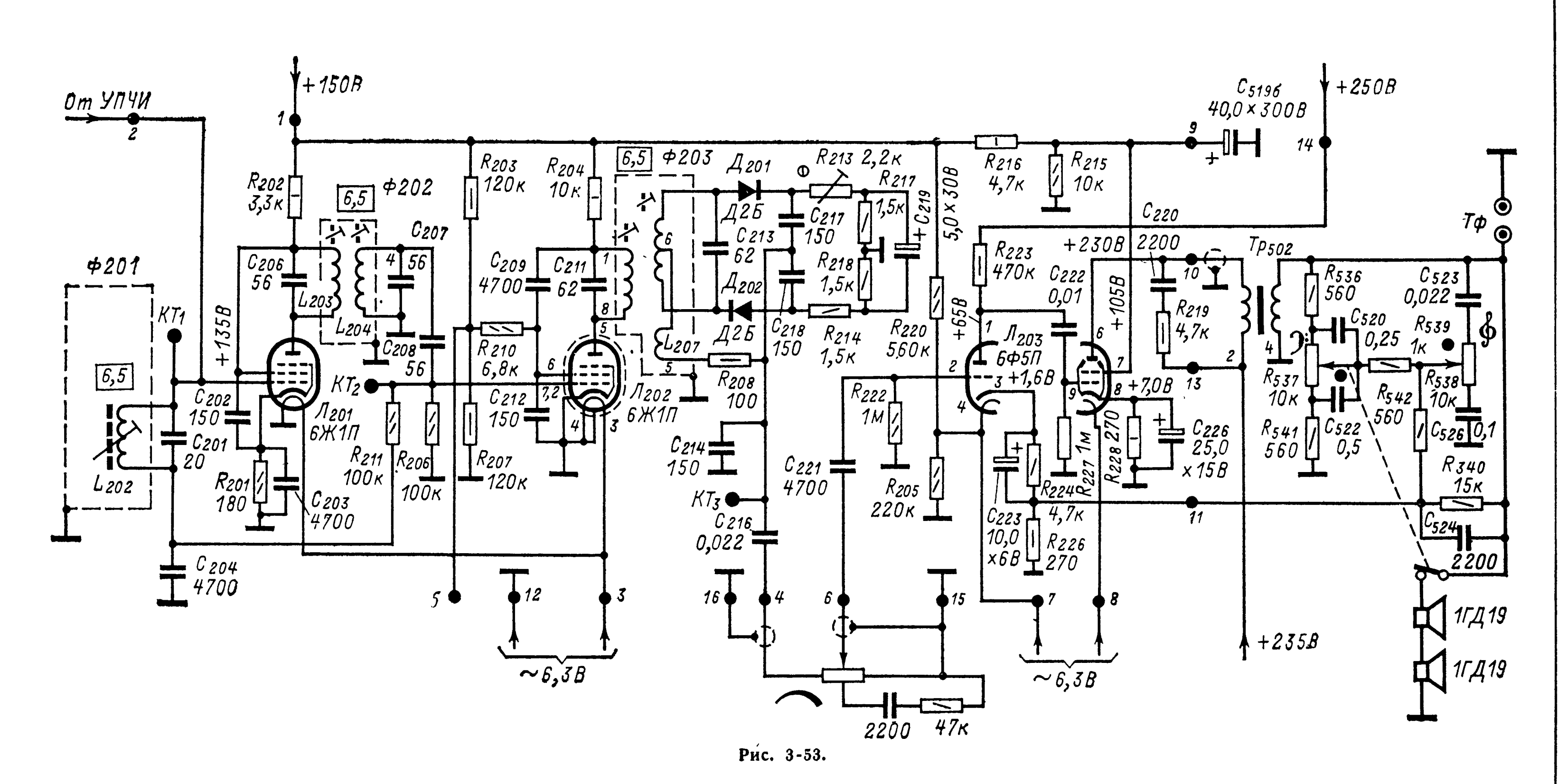
Блок канала звукового сопровождения телевизора УНТ-47/59

В блок входят (рис. 3-53): усилитель разностной частоты на лампе $Л_{201}$, ограничитель на лампе $Л_{202}$, частотный детектор с диодами $Д_{201}$, $Д_{202}$ и УНЧ на лампе $Л_{203}$.

Нагрузкой усилителя разностной частоты служит полосовой фильтр $L_{203}C_{206}L_{204}C_{207}$. После усиления сигнал проходит через ограничитель на лампе $Л_{202}$, что сильно снижает уровень помех от сигналов изображения.

Трансформатор $Тр_{502}$ имеет ленточный сердечник БЛ16 ×25; обмотка *I* — 2 400 витков ПЭЛ 0,15; обмотка *II* — 86 витков ПЭЛ 0,57.

Громкоговорители $Гр_{501}$ и $Гр_{502}$ подключаются к выходному трансформатору УНЧ $Тр_{502}$ через разъем КП-3.


От УПЧИ
+150В
+250В
С519б
40,0×300В
Ф201
Ф202
Ф203
6,5
КТ1
КТ2
КТ3
+135В
R202
3,3к
С206
56
L203
L204
С207
56
С208
56
С202
150
С201
20
L202
R201
180
С203
4700
С204
4700
Л201
6Ж1П
R211
100к
R206
100к
R203
120к
R207
120к
R210
6,8к
С209
4700
С212
150
R204
10к
С211
62
Л202
6Ж1П
L207
R208
100
Д201
Д2Б
Д202
Д2Б
С213
62
R213 2,2к
С217
150
С218
150
R217
1,5к
R218
1,5к
R214
1,5к
С219
5,0×30В
R220
560к
С214
150
С216
0,022
С221
4700
R222
1М
R205
220к
R216
4,7к
R215
10к
R223
470к
+65В
Л203
6Ф5П
+1,6В
С222
0,01
С220
2200
+230В
+105В
R219
4,7к
С223
10,0
×6В
R224
4,7к
R226
270
R227 1М
R228 270
+7,0В
С226
25,0
×15В
Тр502
+235В
R536
560
R537
10к
R541
560
С520
0,25
С522
0,5
R542
560
R539
1к
R538
10к
С523
0,022
С526
0,1
R340
15к
С524
2200
Тф
1ГД19
1ГД19
~6,3В
~6,3В
2200
47к
Рис. 3-53.

Можно применить любые громкоговорители с сопротивлением звуковой катушки 6,5 Ом.

Таблица 3-6

Данные контурных катушек блока звукового сопровождения телевизора УНТ-47/59

Обозначение фильтра	Обозначение на схеме	Число витков, марка и диаметр провода	Способ намотки
Ф201	L_{202}	60 ПЭЛШО 0,14	Рядовая
Ф202	L_{203}	40 ПЭЛШО 0,14	Рядовая
	L_{204}	40 ПЭЛШО 0,14	Рядовая
Ф203	L_{205}	41 ПЭЛШО 0,18	Рядовая
	L_{206}	17×2 ПЭЛШО 0,18	Рядовая в два провода
	L_{207}	12 ПЭЛШО 0,18	Рядовая поверх L_{205}

Примечание. Намотка всех катушек рядовая на полистирольных каркасах диаметром 7,5 мм с подстроечными сердечниками СЦР-1.

Катушка L_{206} намотана в два провода. Катушка L_{207} намотана поверх катушки L_{206}. Фильтры заключены в алюминиевые экраны размером 19,5×19,5×43,5 мм.

Блок приемников изображения и звукового сопровождения на транзисторах

Блок содержит: УПЧИ, видеодетектор, видеоусилитель и схему ключевой АРУ, селектор, фазоинвертор и два усилителя синхроимпульсов; УПЧЗ, частотный детектор и УНЧ. Усилитель ПЧИ содержит три каскада на транзисторах T_{12} — T_{14}, включенных по схеме ОЭ (рис. 3-55). Третий каскад нейтрализован (C_{65}). Частотная характеристика УПЧИ (рис. 3-54, *а*) формируется фильтром сосредоточенной селекции. Контуры с катушками L_{62}, L_{63}, L_{65} и L_{66} — режекторные, а с катушками L_{61}, L_{64} и L_{67} формируют характеристику в полосе пропускания.

Коэффициент усиления первого каскада на транзисторе T_{12} близок к единице; он служит для согласования выхода ФСС со вторым каскадом УПЧИ. Второй каскад нагружен одиночным контуром $L_{68}C_{61}$, настроенным на среднюю частоту полосы пропускания, а третий каскад — полосовым фильтром $L_{69}C_{69}L_{70}C_{70}$. Через резистор R_{64} на базу транзистора T_{13} подается напряжение АРУ.

Видеоусилитель. После видеодетектора на диоде $Д_4$ имеется двухкаскадный видеоусилитель (рис. 3-55). Первый его каскад — на транзисторе T_{15} по схеме ОК для видеосигнала и по схеме ОЭ для сигнала разностной частоты звука, который выделяется на контуре $L_{72}C_{75}R_{80}$ и через конденсатор C_{29} подается на вход УПЧЗ. Режекторный контур $L_{71}C_{76}$ предотвращает попадание разностной частоты на вход второго каскада видеоусилителя на транзисторе T_{16} по схеме ОЭ и сложной коррекцией частотной характеристики (рис. 3-54, *б*) при помощи дросселей $Др_3$ и $Др_4$. Усиленный видеосигнал через конденсатор C_{79} подается на катод кинескопа $Л_1$. Контрастность изображения регулируется изменением глубины отрицательной обратной связи при помощи потенциометра R_{86} в цепи эмиттера транзистора T_{16}.

Ключевая АРУ. Импульс обратного хода строчной развертки, сформированный диодом $Д_5$, выпрямляется диодом $Д_6$. Полученное на конденсаторе C_{82} постоянное напряжение через эмиттерный повторитель на транзисторе T_{18} подается на базу транзистора T_{13} и на транзистор УВЧ селектора ПТКП как начальное напряжение смещения. Транзистор T_{17} отпирается сигналом изображения и шунтирует диод $Д_6$. В результате напряжение на конденсаторе C_{82} и на выходе схемы АРУ уменьшается, что ведет к уменьшению усиления УВЧ и УПЧИ (работа АРУ на отпирание описана на стр. 93). Благодаря действию АРУ изменение уровня входного сигнала в 10 раз приводит к изменению напряжения на видеодетекторе лишь в 1,4 раза.

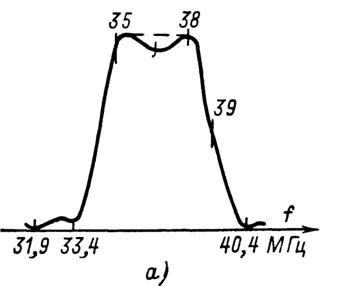
Селектор синхроимпульсов. С эмиттера транзистора T_{15} видеосигнал подается на вход амплитудного селектора синхроимпульсов на транзисторе T_5. Усиление и ограничение синхроимпульсов производится в каскадах на транзисторах T_6 и T_{21}. С коллектора последнего кадровые и строчные синхроимпульсы поступают на базу транзистора T_{22}, работающего в фазоинверторе с разделенными нагрузками. Противофазные строчные импульсы с коллектора и эмиттера этого транзистора подаются на схему АПЧиФ блока развертки. Кадровые синхроимпульсы формируются при помощи интегрирующих цепей $R_{105}C_{88}$, $R_{107}C_{89}$ и $R_{109}C_{90}$ в базовой и эмиттерной цепях транзистора T_{23}, работающего в каскаде формирования этих синхроимпульсов.

Канал звукового сопровождения. Канал содержит однокаскадный УПЧЗ на транзисторе T_7, частотный детектор с диодами $Д_2$,$Д_3$ и трехкаскадный УНЧ на транзисторах T_8 — T_{11}. Терморезисторы R_{51} и R_{53} осуществляют термостабилизацию выходного каскада, нагруженного через автотрансформатор громкоговорителем $Гр_1$ типа 0,5 ГД17. Частотная характеристика УНЧ корректируется при помощи частотно-зависимой отрицательной обратной связи, напряжение которой подается с коллектора транзистора T_9 на эмиттер T_8 через цепь $R_{49}C_{41}$.

Обмотки трансформатора $Тр_1$ и автотрансформатора $Тр_2$ размещены на сердечниках Ш4 × 8 из пермаллоя и содержат соответственно 1200 и 400 × 2 витков в два провода ПЭВ-1 0,09 и 220 + 150 витков провода ПЭВ-1 0,23.

Контурные катушки заключены в экраны размерами 11 × 11 × 19 мм. Контур частотного детектора и детали R_{30} — R_{37} и C_{33} — C_{38} заключены в экран размерами 42 × 42 × 22 мм.

Дроссель $Др_1$ имеет индуктивность 68 мкГ, а дроссели $Др_2$ — $Др_5$ — по 150 мкГ.


35
38
39
f
31,9
33,4
40,4 МГц
а)

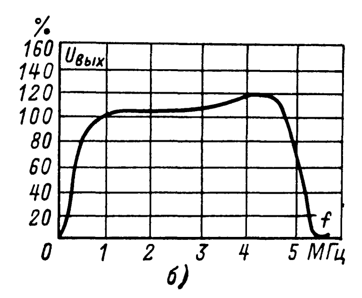

%
160
140
120
100
80
60
40
20
0
Uвых
f
1
2
3
4
5 МГц
б)

Рис. 3-54.

Рис. 3-55.

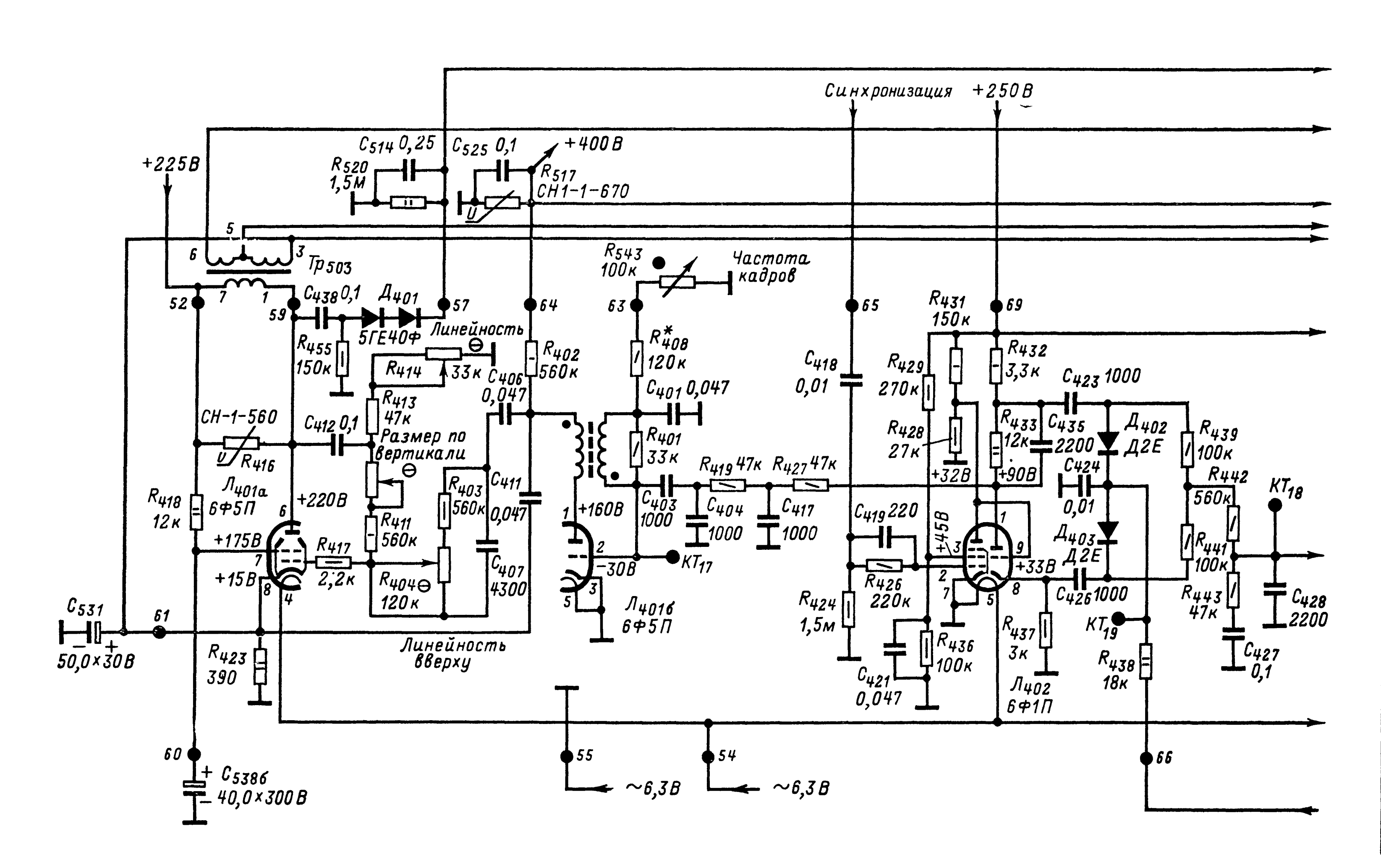
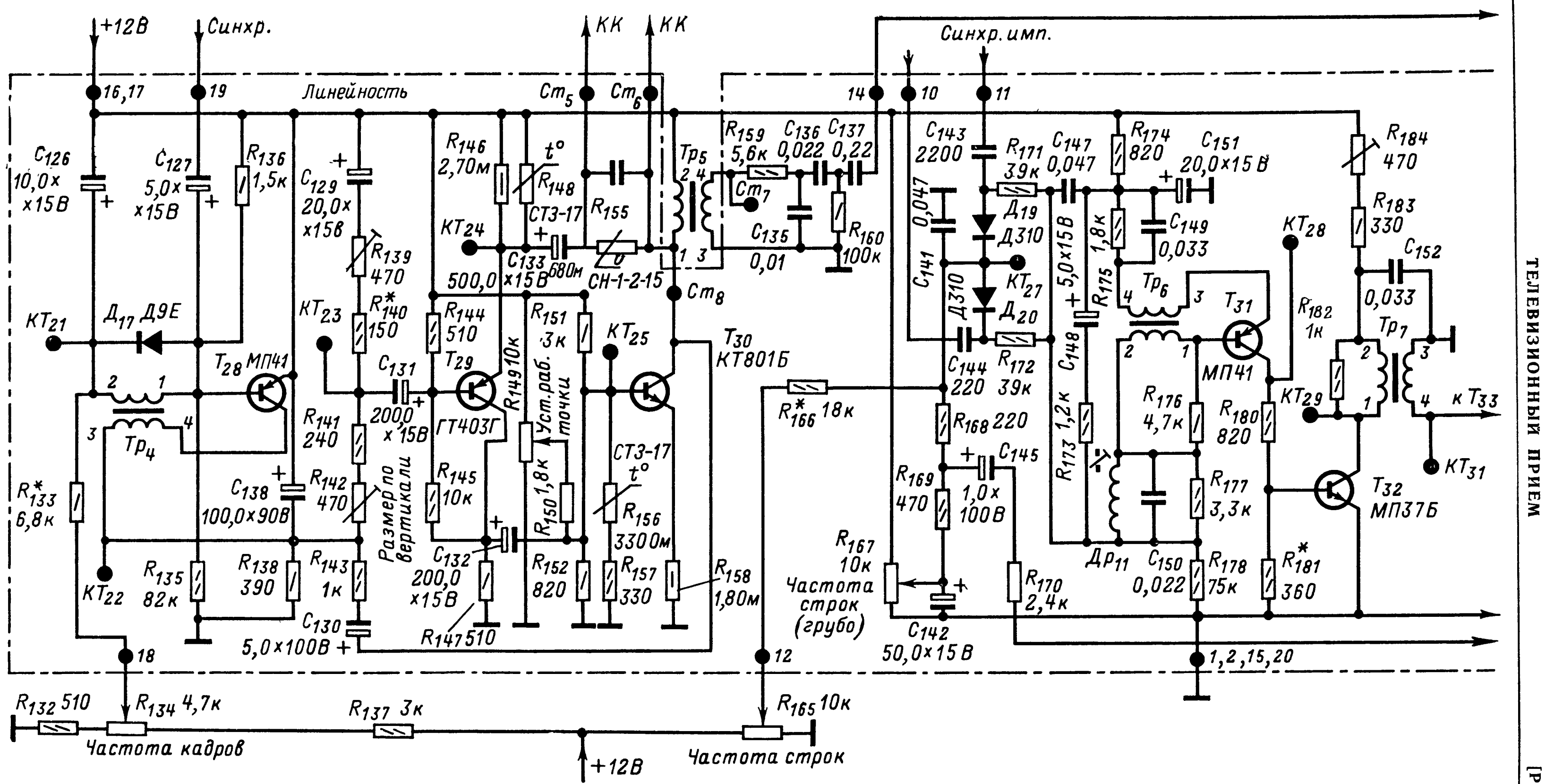

Синхронизация
+250В
+225В
+400В
C514 0,25
C525 0,1
R520 1,5М
R517 СН1-1-670
Тр503
C438 0,1
Д401 5ГЕ40Ф
R543 100к
Частота кадров
Линейность
R455 150к
R414 33к
R402 560к
R413 47к
C406 0,047
R*408 120к
C401 0,047
СН-1-560
C412 0,1
Размер по вертикали
R416
Л401а 6Ф5П
R418 12к
+220В
R403 560к
C411 0,047
R401 33к
R419 47к
R427 47к
C403 1000
C404 1000
C417 1000
+160В
R411 560к
+175В
+15В
R417 2,2к
R404 120к
C407 4300
-30В
КТ17
Л401б 6Ф5П
C531 50,0×30В
R423 390
Линейность вверху
C418 0,01
R431 150к
R429 270к
R428 27к
+32В
R432 3,3к
R433 12к
+90В
C423 1000
C435 2200
C424 0,01
Д402 Д2Е
Д403 Д2Е
R439 100к
R442 560к
КТ18
C419 220
+45В
R426 220к
R424 1,5м
+33В
C426 1000
R441 100к
R443 47к
C428 2200
C427 0,1
C421 0,047
R436 100к
R437 3к
КТ19
R438 18к
Л402 6Ф1П
C538б 40,0×300В
~6,3В
~6,3В



Рис. 3-56.


+12В
Синхр.
Линейность
КК
КК
Синхр.имп.
16,17
19
Cm_5
Cm_6
Cm_7
Cm_8
14
10
11
C_{126} 10,0×15В
C_{127} 5,0×15В
R_{136} 1,5к
C_{129} 20,0×15В
R_{139} 470
R^*_{140} 150
R_{146} 2,70м
R_{148}
СТ3-17
R_{155}
Tp_5
R_{159} 5,6к
C_{136} 0,022
C_{137} 0,22
C_{135} 0,01
R_{160} 100к
C_{143} 2200
R_{171} 39к
C_{147} 0,047
R_{174} 820
C_{151} 20,0×15В
R_{184} 470
R_{183} 330
C_{152} 0,033
КТ21
КТ22
КТ23
КТ24
КТ25
КТ27
КТ28
КТ29
КТ31
$Д_{17}$ Д9Е
T_{28} МП41
Tp_4
C_{131} 200,0×15В
T_{29} ГТ403Г
R_{149} 10к
C_{133} 500,0×15В
680м
СН-1-2-15
R_{151} 3к
Уст.раб. точки
T_{30} КТ801Б
R_{144} 510
R_{141} 240
R_{142} 470
Размер по вертикали
R_{145} 10к
R_{150} 1,8к
СТ3-17
R_{156} 3300м
R_{152} 820
R_{157} 330
R_{158} 1,80м
C_{132} 200,0×15В
R_{147} 510
R^*_{133} 6,8к
C_{138} 100,0×90В
R_{135} 82к
R_{138} 390
R_{143} 1к
C_{130} 5,0×100В
18
12
R^*_{166} 18к
C_{141} 0,047
$Д_{19}$ Д310
$Д_{20}$ Д310
C_{144} 220
R_{172} 39к
R_{168} 220
R_{169} 470
C_{145} 1,0×100В
R_{167} 10к
Частота строк (грубо)
C_{142} 50,0×15В
R_{170} 2,4к
C_{148} 5,0×15В
R_{175} 1,8к
C_{149} 0,033
Tp_6
R_{173} 1,2к
$Др_{11}$
C_{150} 0,022
R_{176} 4,7к
R_{177} 3,3к
R_{178} 75к
T_{31} МП41
R_{182} 1к
R_{180} 820
R^*_{181} 360
T_{32} МП37Б
Tp_7
к T_{33}
1,2,15,20
R_{132} 510
R_{134} 4,7к
R_{137} 3к
R_{165} 10к
Частота кадров
Частота строк
+12В

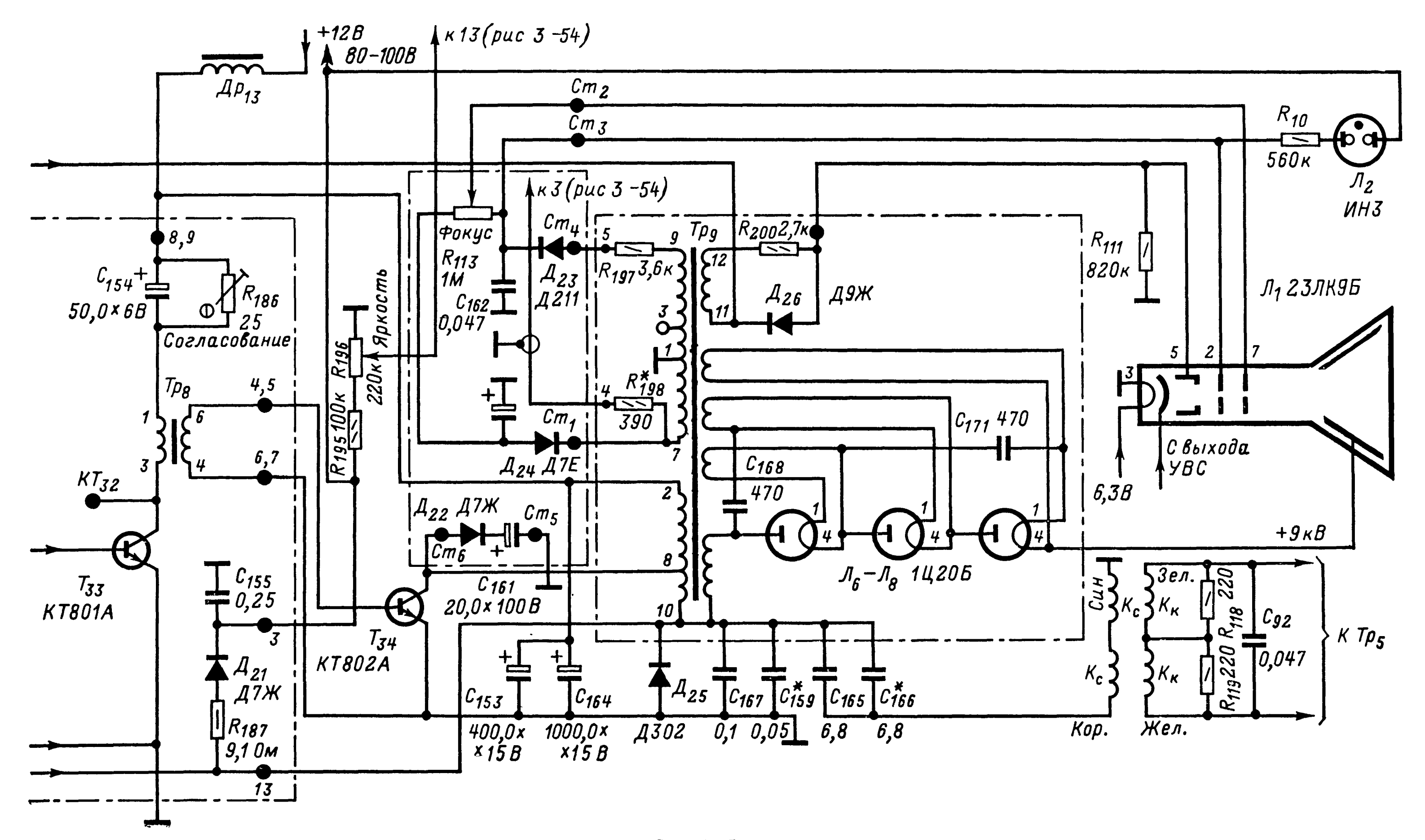

+12В
80-100В
к 13 (рис 3-54)
Др13
Ст2
Ст3
R10
560к
Л2
ИН3
к 3 (рис 3-54)
Фокус
R113
1М
C162
0,047
Ст4
Д23
Д211
R197 3,6к
Тр9
R200 2,7к
Д26
Д9Ж
R111
820к
Л1 23ЛК9Б
8,9
C154
50,0×6В
R186
25
Согласование
R196
220к
Яркость
R195 100к
R198*
390
Ст1
Д24 Д7Е
Тр8
4,5
6,7
КТ32
C171 470
C168
470
С выхода
УВС
6,3В
Д22 Д7Ж
Ст5
Ст6
C161
20,0×100В
+9кВ
Л6–Л8 1Ц20Б
T33
КТ801А
C155
0,25
T34
КТ802А
Д21
Д7Ж
R187
9,1 Ом
13
C153
400,0×
×15В
C164
1000,0×
×15В
Д25
Д302
C167
0,1
C159*
0,05
C165
6,8
C166*
6,8
Син
Кс
Кор.
Зел.
Кк
R118
220
R119 220
C92
0,047
Жел.
К Тр5

Рис. 3-57.

Блок разверток унифицированного телевизора класса II (УНТ-47/59)

Блок содержит амплитудный селектор импульсов синхронизации на пентоде $Л_{402}$ (рис. 3-56), усилитель-ограничитель кадровых и фазоинвертор строчных синхроимпульсов на триоде $Л_{402}$, задающий блокинг-генератор и оконечный каскад кадровой развертки соответственно на триоде и пентоде лампы $Л_{401}$, схему АПЧиФ и задающий мультивибратор строчной развертки, в которых работают диоды $Д_{402}$ и $Д_{403}$ и лампа $Л_{403}$, и схему формирования гасящих импульсов на лампе $Л_{404}$.

Оконечный каскад строчной развертки на лампе $Л_{501}$ с демпфером — $Л_{502}$ и высоковольтным кенотроном $Л_{503}$ монтируется отдельно на шасси телевизора.

Триод $Л_{402}$ является усилителем-ограничителем для кадровых синхроимпульсов. Его нагрузка для этих импульсов состоит из резисторов R_{433} и R_{432}. Эти синхроимпульсы формируются цепью $R_{433}C_{435}R_{427}C_{417}R_{419}C_{404}$ и подаются на сетку триода $Л_{401}$ блокинг-генератора кадров. Его зарядная цепь $R_{402}C_{411}$ питается стабилизированным напряжением, снимаемым с варистора R_{517}. Варистор R_{416} ограничивает импульс напряжения обратного хода, возникающего на первичной обмотке трансформатора $Тр_{503}$. Напряжение на ускоряющий электрод кинескопа снимается с выпрямителя с селеновым столбом $Д_{401}$, который питается импульсами напряжения, поступающими через конденсатор C_{438}. Благодаря этому осуществляется автоматическое гашение луча кинескопа при выходе из строя генератора кадровой развертки.

Пилообразное напряжение для схемы АПЧиФ строчной развертки формируется цепью $R_{438}C_{424}$ из импульсов обратного хода, снимаемых с дополнительной обмотки трансформатора $Тр_{501}$. Частота мультивибратора на лампе $Л_{403}$ стабилизирована контуром $L_{401}C_{429}$. Для улучшения условий самовозбуждения на сетку правого по схеме триода через конденсатор C_{408} подается напряжение положительной обратной связи с обмотки *2—3* трансформатора $Тр_{501}$. Описание работы схемы стабилизации размера растра по горизонтали см. на стр. 100. Импульс отрицательной полярности с обмотки *5—6* трансформатора $Тр_{503}$ подается на модулятор кинескопа через резистор R_{410} и конденсатор C_{420} и гасит луч во время обратного хода по кадру. Для гашения луча во время обратного хода по строкам на модулятор кинескопа через правый по схеме диод $Л_{404}$ подаются также отрицательные импульсы с обмотки *1—2* трансформатора $Тр_{501}$. Левый диод $Л_{404}$ устраняет положительные выбросы в гасящих импульсах, которые могут подсветить луч во время прямого хода по строкам и кадру. Так как скорость луча на краях экранов кинескопов 47ЛК2Б, 50ЛК1Б, 59ЛК2Б и 61ЛК1Б больше, изображение сжимается в центре и растягивается на краях. Для компенсации этих искажений скорость нарастания пилообразного тока в начале и в конце периода должна замедляться (кривая должна иметь форму буквы S). Резисторы R_{403}, R_{404} с конденсаторами C_{407} и C_{507} обеспечивают необходимую форму тока в отклоняющих катушках. Через разъем КП-4 к трансформаторам $Тр_{501}$ (ТВС-110А) $Тр_{503}$ (ТВК-110А) подключаются катушки отклоняющей системы ОС-110А. Трансформатор $Тр_{401}$ — типа БТКП.

Трансформатор $Тр_{503}$ имеет ленточный сердечник сечением 16 × 20 мм; обмотки содержат 3 400 витков ПЭВ-2 0,16 и 210 + 170 витков ПЭВ-2 0,8 и ПЭВ-2 0,16 соответственно. Вместо ленточного сердечника можно применить Ш-образный подходящего сечения.

Блок разверток телевизора «Юность»

Блок содержит задающий блокинг-генератор на транзисторе $Т_{28}$ (рис. 3-57) промежуточный усилитель — $Т_{29}$ и выходной каскад — $Т_{30}$ кадровой развертки, задающий блокинг-генератор — $Т_{31}$, два промежуточных согласующих каскада — $Т_{32}$ и $Т_{33}$ и выходной каскад — $Т_{34}$ строчной развертки.

Генератор кадровой развертки. Пилообразное напряжение кадровой развертки, полученное на конденсаторе C_{138}, через резисторы R_{141} и R_{142} поступает в цепь базы транзистора $Т_{29}$, где находится цепь регулировки линейности $C_{129}R_{139}R_{140}$, которая добавляет к этому напряжению параболическую составляющую. Сформированное напряжение из коллекторной цепи транзистора $Т_{29}$ поступает через конденсатор C_{132} на базу транзистора $Т_{30}$, включенного по схеме с общим эмиттером. Режим этого транзистора устанавливается резисторами R_{149}, R_{150}, R_{152}, R_{157}, R_{158} и стабилизируется терморезистором R_{156}. Кадровые катушки отклоняющей системы включены в цепь коллектора транзистора $Т_{30}$ через конденсатор C_{133}, через который также в цепь эмиттера транзистора $Т_{29}$ подается напряжение отрицательной обратной связи. Для коррекции характеристики цепи этой связи с коллектора транзистора $Т_{30}$ в цепь базы $Т_{29}$ через конденсатор C_{130} подается напряжение положительной обратной связи. Варистор R_{155} ограничивает импульсное напряжение на коллекторе транзистора $Т_{30}$ и на первичной обмотке трансформатора $Тр_5$. Со вторичной обмотки трансформатора $Тр_5$ снимаются отрицательные импульсы, которые после формирования цепочкой $R_{159}R_{160}C_{135}C_{136}C_{137}$ и добавления к ним строчных импульсов с обмотки *11—12* трансформатора $Тр_9$ подаются на модулятор кинескопа для гашения луча во время обратного хода по кадру и по строкам.

Генератор строчной развертки. Для повышения стабильности задающего блокинг-генератора в цепь базы транзистора $Т_{31}$ включен контур $Др_{11}C_{150}$, настроенный на частоту около 18 кГц. В цепь базы этого транзистора от схемы АПЧиФ с диодами $Д_{19}$ и $Д_{20}$ через фильтр $R_{171}R_{172}C_{147}R_{173}C_{148}$ подается регулирующее напряжение. Частота строк регулируется изменением режима $Т_{31}$ при помощи потенциометров R_{165} и R_{167}.

Положительные импульсы строчной частоты из коллекторной цепи транзистора T_{31} подаются на базу транзистора T_{32}, работающего в трансформаторном усилителе. Усиленные импульсы через согласующий трансформатор Tp_7 подаются на базу транзистора T_{33} предоконечного каскада строчной развертки. Трансформатор Tp_8 согласует низкое входное сопротивление транзистора T_{34} оконечного каскада с цепью коллектора транзистора T_{33}. Резистором R_{186} можно менять режим транзистора T_{33} и его выходное сопротивление и улучшать согласование. В коллекторную цепь транзистора T_{34} включены: строчные отклоняющие катушки K_c с корректирующими конденсаторами C_{165}, C_{166}; выходной строчной трансформатор высоковольтного блока Tp_9, вырабатывающий напряжения для питания электродов кинескопа и импульсные напряжения для схем АРУ и АПЧиФ и схемы гашения обратного хода строчной развертки; схема питания видеоусилителя с диодом $Д_{21}$ и конденсатором C_{155} и схема демпфирования $Д_{22}C_{161}$, которая частично предохраняет транзистор T_{34} при случайных выбросах напряжения на коллекторе.

Высокое напряжение (9 кВ) для питания анода кинескопа вырабатывается в высоковольтном блоке схемой утроения на кенотронах $Л_6$ — $Л_8$.

3-8. НАСТРОЙКА ТРАКТОВ ИЗОБРАЖЕНИЯ И ЗВУКОВОГО СОПРОВОЖДЕНИЯ

Основные положения

Производить настройку и регулировку отдельных блоков и всего телевизора в целом следует лишь после проверки работы блока питания. Для этого нужно убедиться в том, что блок питания обеспечивает подачу требуемых напряжений при полной нагрузке, т. е. при включении питания на все блоки. Измерение напряжений можно производить миллиампервольтомметром любого типа.

Меры безопасности. Производя измерения напряжений, настройку и регулировку блоков, нельзя забывать, что когда телевизор включен в электросеть, в нем имеется высокое напряжение, опасное для человека. Поэтому при всех этих работах следует строго соблюдать меры безопасности. Основными из этих мер являются следующие:

1. Настройку телевизора надо производить одной рукой; вторая рука не должна касаться шасси телевизора или других его деталей, а также приборов и проводящих предметов, расположенных рядом с шасси.

2. Нельзя прикасаться (даже одной рукой) к выводам анода кинескопа и ламп оконечного каскада строчной развертки (6П13С, 6П36С, 6Ц10П, 6Д20П, 1Ц11П, 3Ц18П, 1Ц21П), к выводам трансформаторов ТВК и ТВС, а также к цепям и проводникам схемы, соединенным с ними.

3. Следует избегать прикосновения к цепям схемы, соединенным с источником анодного напряжения, а также к деталям схемы выпрямителя.

4. Нельзя производить подключение измерительных приборов, а также монтаж (подпайку, перепайку) деталей во включенном телевизоре. Нужно выключить телевизор, затем подключить приборы либо произвести монтаж или демонтаж той или иной детали, и лишь после этого снова включить телевизор. Этой мерой обеспечивается не только безопасность работы, но и сохранность таких деталей, как транзисторы, которые могут вывести из строя случайные импульсы напряжения, возникающие при подключении приборов и небольшие токи утечки через изоляцию в электрическом паяльнике.

Настройку трактов изображения и звука можно произвести при помощи генератора сигналов и лампового вольтметра или миллиампервольтомметра, а также при помощи генератора качающейся частоты (ГКЧ) типа Х1-7 (ПНТ-59) и ему подобных. ГКЧ используются на промышленных предприятиях и обеспечивают наглядность и быстроту настройки при налаженном поточном производстве. Однако низкая точность настройки режекторных контуров, а также сложность освоения и малая доступность ГКЧ заставляют радиолюбителей отдать предпочтение генератору сигналов и ламповому вольтметру.

Из аппаратуры, которая необходима для настройки трактов изображения и звука, радиолюбителям наиболее доступны генератор сигналов типа Г3-8 или СГ-1; генератор стандартных сигналов типа Г4-1А, ГСС-6 или ГСС-6А; ламповый вольтметр типа ВКС-7, В7-2 или ВЛУ-2; миллиампервольтомметры типа Ц-20 или тестер ТТ-1 (ТТ-2) и им подобные.

Ламповый вольтметр нужен для снятия частотной характеристики видеоусилителя, и если он имеется в распоряжении радиолюбителя, то можно обойтись без миллиампервольтомметра. Если имеется лишь миллиампервольтомметр, то можно выполнить настройку всего тракта изображения, за исключением видеоусилителя. Прежде чем приступить к настройке блоков телевизора при помощи измерительной аппаратуры, необходимо хорошо изучить прилагаемые к ней инструкции по эксплуатации.

Настройка тракта изображения по приборам

Настройка УПЧИ блока изображения, изготовленного радиолюбителем, или ненастроенного некондиционного блока от промышленного телевизора производится следующим образом.

Вольтметр переменного напряжения с конечным значением шкалы 10 или 30 В присоединяют к выходу видеоусилителя (к катоду кинескопа) через конденсатор емкостью 0,1—0,5 мкФ, а высокочастотный кабель генератора Г3-8 (ГМВ, СГ-1) — ко входу УПЧИ и шасси телевизора (селектор ПТК должен быть отключен). Регулятор выходного напряжения

генератора устанавливают на нулевую отметку, включив на одно из средних положений ступенчатый делитель этого напряжения, и установив внутреннюю модуляцию генератора синусоидальным напряжением НЧ.

После включения приборов и телевизора и их десятиминутного прогрева вначале настраивают режекторные контуры ($L_{303}C_{311}$, $L_{305}C_{313}$, $L_{310}C_{319}$ на рис. 3-50; $К_{05}$, $К_{06}$, $К_{08}$, $К_{09}$ на рис. 3-55), потом устанавливают на шкале генератора частоту, на которую надо настроить один из перечисленных контуров. Доводят выходное напряжение генератора до уровня, при котором вольтметр показывает напряжение 2—4 В. Вращая сердечник катушки настраиваемого контура, добиваются минимальных показаний вольтметра. При настройке контура $L_{303}C_{311}$ (рис. 3-50) минимальных показаний вольтметра следует добиться, регулируя сопротивление подстроечного резистора R_{308}. Затем следует увеличить выходное напряжение генератора и убедиться в том, что при любом изменении положения сердечника указанного контура наблюдается увеличение показаний вольтметра.

После это настраивают остальные контуры, формирующие характеристику УПЧИ в полосе пропускания. При этом на шкале генератора устанавливают частоты, на которые настраивают эти контуры, и вращением сердечников в их катушках добиваются максимальных показаний вольтметра. По мере подхода к максимальным показаниям нужно уменьшать выходное напряжение генератора во избежание неточной настройки из-за ограничения сигнала в каскадах УПЧИ при слишком большом его уровне.

Проверка правильности настройки УПЧИ производится при таком выходном напряжении генератора, когда усиливаемый сигнал не ограничивается в усилительных каскадах и максимальные показания вольтметра на выходе видеоусилителя не превышают 7—8 В. Поддерживая величину выходного напряжения генератора на выбранном уровне (контролируется по вольтметру генератора), изменяют его частоту через 1 МГц и на каждой частоте записывают показания вольтметра на выходе видеоусилителя. По полученным данным строят частотную характеристику УПЧИ, которая должна иметь вид, сходный с видом характеристик на рис. 3-51 и 3-54.

Если выходное напряжение в пределах полосы пропускания будет отличаться от усиления на средней частоте более чем на $\pm$20%, нужно произвести подстройку контуров и снова сравнить полученную частотную характеристику с требуемой.

Проверка частотной характеристики видеоусилителя производится в том случае, если он сконструирован самостоятельно или после ремонта, связанного с заменой корректирующих дросселей, индуктивность которых оказывает влияние на равномерность этой характеристики. Выход генератора Г4-1А через конденсатор емкостью 1,0 мкФ подключают ко входу видеоусилителя ($КТ_7$ на рис. 3-50; $КТ_{17}$ на рис. 3-55) и к шасси телевизора, снимают с цоколя панельку кинескопа и к гнезду, соединившемуся с катодом, подключают вход ВЧ пробника лампового вольтметра В7-2, корпус которого также соединяют с шасси. Все соединения выполняют короткими проводами.

Выходное напряжение генератора поддерживают равным 1 В, а его частоту изменяют от 0,1 до 6,5 МГц через 0,5 МГц. Для каждого значения частоты отмечают и записывают показания лампового вольтметра. По полученным данным вычерчивают частотную характеристику. Если необходимо, то лучшей равномерности характеристики (допустим небольшой подъем на частоте 5 МГц) добиваются, изменяя индуктивность корректирующих дросселей. Режекторные контуры ($L_{318}C_{335}$ на рис. 3-50 и K_{014} на рис. 3-55) настраивают по минимуму показаний вольтметра на частоте 6,5 МГц.

Настройка тракта звукового сопровождения по приборам

В зависимости от схемы тракта звука сигнал разностной частоты 6,5 МГц, поступающий на вход УПЧЗ, снимается с нагрузки видеодетектора или видеоусилителя. Несмотря на это, при настройке УПЧЗ сигнал от генератора Г4-1А с частотой 6,5 МГц следует подать в ту точку схемы, где он образуется, т. е. на нагрузку видеодетектора.

Настройка УПЧЗ ведется при выходном напряжении генератора 0,5—1 В и включенной модуляции. Сигнальный провод выходного кабеля генератора через конденсатор 1 000 пФ подключают к точке $КТ_9$ (рис. 3-50) или $КТ_{17}$ (рис. 3-55), а его оболочку — к шасси телевизора.

Вольтметр постоянного напряжения подключают параллельно резистору R_{207} (рис. 3-53) или R_{29} (рис. 3-55). Вращением сердечников в катушках L_{318} (рис. 3-50), L_{202} — L_{204} (рис. 3-53) и L_{72} (рис. 3-55) добиваются максимальных показаний вольтметра.

Проверка настройки УПЧЗ производится для определения полосы пропускания после его настройки. Оставив приборы включенными, как и в предыдущем случае, изменяют частоту генератора сначала в сторону уменьшения, а затем в сторону увеличения и отмечают частоты, при которых показания вольтметра уменьшаются на 50% максимальных на частоте 6,5 МГц. Разность этих частот, отмеченных по шкале генератора, и будет шириной полосы пропускания УПЧЗ. Она не должна быть у́же 500 кГц.

Настройка контуров детектора отношений производится при таком же, как и в предыдущем случае, подключении генератора и его выходном напряжении 0,5—1 В на частоте 6,5 МГц. Вольтметр постоянного напряжения подключают параллельно конденсатору C_{219} (рис. 3-53) и C_{38} (рис. 3-55). Вращением сердечника в катушках L_{205} и L_{59} добиваются максимальных показаний вольтметра. Затем один полюс вольтметра подключают к точкам $КТ_3$ и $КТ_{10}$, а второй — к точке соединения двух дополнительных резисторов сопротивлением по 27 кОм, включенных парал-

лельно C_{219} и C_{38} и шасси (рис. 3-53 и 3-55). Вращая сердечник катушек L_{206} и L_{60}, добиваются минимальных показаний вольтметра. При правильной настройке последующие повороты сердечника в обе стороны будут приводить к увеличению показаний вольтметра.

Установив частоту генератора 6,5 МГц с внутренней модуляцией 30%, отключают вольтметр постоянного напряжения и подключают к точкам $КТ_3$ (рис. 3-53) и $КТ_{10}$ (рис. 3-55) и к шасси телевизора ламповый милливольтметр В3-13. Регулировкой потенциометров R_{213} и R_{34} добиваются минимальных показаний милливольтметра.

Проверка настройки контуров детектора отношений оказывается необходимой, если имеются сомнения в правильности этой настройки, и ведется при таком же подключении генератора и вольтметра постоянного напряжения, как и в предыдущем случае. При подаче сигнала с частотой 6,5 МГц и правильной настройке контуров стрелка вольтметра должна оставаться на нулевой отметке его шкалы. Изменяя частоту генератора от указанного значения в обе стороны на ±200 кГц и изменяя полярность включения вольтметра, отмечают его показания. Допустимо, если измеренные напряжения в этих двух случаях будут отличаться друг от друга по величине не более чем на ±20%. Уточнить настройку катушек L_{206} (рис. 3-53) и L_{60} (рис. 3-55) можно во время приема телепередачи, добившись небольшими поворотами их сердечников наилучшего качества звукового сопровождения, без искажений и фона кадровой частоты.

Настройка тракта звукового сопровождения без генератора сигналов

Если в распоряжении радиолюбителя нет генератора сигналов, то достаточно точную настройку тракта звука можно выполнить во время приема телепередачи по сигналам телецентра, используя миллиампервольтомметр Ц-20, тестер ТТ-1 и подобные им приборы. К такой настройке приступают лишь после полной отладки УПЧИ и правильной установки частоты гетеродина, которую производят, ориентируясь на получение наиболее четкого изображения, свободного от окантовок и серых теней на деталях.

Настройка УПЧЗ ведется в такой же последовательности и при таком же подключении вольтметра постоянного напряжения, как и при использовании генератора сигналов. Если в начале настройки показания вольтметра будут малы, то нужно выбрать более чувствительный диапазон измерений и установить максимальную контрастность изображения. По мере настройки контуров УПЧЗ контрастность изображения следует уменьшать, с тем чтобы стрелка вольтметра не отклонялась за пределы выбранного диапазона измерений.

Настройка контуров детектора отношений производится при таких же подключениях вольтметра постоянного напряжения, как и при настройке с генератором. Приступая к настройке контуров с катушками L_{205} (рис. 3-53) и L_{59} (рис. 3-55), нужно установить контрастность изображения максимальной и снижать ее по мере достижения максимальных показаний вольтметра. Заканчивая настройку этих контуров, следует пройти весь возможный диапазон контрастности, начиная от минимума, и остановиться там, где рост показаний вольтметра с увеличением контрастности замедляется. При этом положении регулятора контрастности начинают настройку второго контура детектора, которую ведут в той же последовательности и таком же подключении вольтметра, как и при настройке с генератором. Настройку и регулировку второго контура детектора уточняют во время приема телепередачи, добиваясь наилучшего качества звукового сопровождения без искажений и фона.

3-9. РЕГУЛИРОВКА БЛОКОВ СИНХРОНИЗАЦИИ И РАЗВЕРТКИ

Основные положения

Приступая к регулировке блоков синхронизации и развертки, необходимо убедиться, что блок питания обеспечивает получение необходимых напряжений при полной его нагрузке. Производя регулировку, следует строго соблюдать правила безопасности (см. § 3-8).

Регулировка блоков синхронизации и развертки значительно облегчается, если для этой цели использовать осциллографы типа С1-1(ЭО-7), СИ-1(ЭО-6). Низкочастотный осциллограф С1-1 дает возможность контролировать работу селектора синхроимпульсов и генераторов развертки, а осциллограф СИ-1 позволит детально наблюдать форму отдельных синхроимпульсов и импульсов напряжения развертки.

Проверка работы селектора синхроимпульсов

Проверку производят после настройки блоков УПЧИ и УПЧЗ во время приема телепередачи, которую контролируют по наличию звукового сопровождения.

Проверка при помощи осциллографа ведется в следующей последовательности. Подключив вертикальный вход осциллографа ко входу селектора (точки 65 на рис. 3-56 и $КТ_{18}$ на рис. 3-55) и подобрав необходимую частоту развертки, убеждаются в наличии полного видеосигнала. Затем осциллографом контролируют на выходе селектора (анод пентода $Л_{402}$ и колекторы транзисторов $Т_5$, $Т_6$, $Т_{21}$) форму синхроимпульсов, отделенных от видеосигнала (рис. 3-55 и 3-57).

Проверка без осциллографа сводится к прослушиванию сигналов на входе и выходе селектора после подачи их на вход УНЧ (в точки $КТ_3$ и *16* на рис. 3-50 и 3-55) через конденсатор емкостью 0,1 мкФ. При этом

необходимо прекратить работу задающего блокинг-генератора кадровой развертки, замкнув выводы одной из обмоток трансформаторов $Тр_{401}$ и $Тр_4$.

Если селектор исправен, то сигналы прослушиваются как фон кадровой частоты.

Проверка работы задающих генераторов строчной и кадровой развертки

Проверку работы задающих генераторов развертки можно производить до настройки УПЧИ и УПЧЗ. Однако окончательную регулировку, связанную с подгонкой частоты, можно выполнить лишь во время приема телепередачи.

Проверка при помощи осциллографа сводится к просмотру и контролю формы импульсных напряжений, вырабатываемых задающими генераторами. При подключении вертикального входа осциллографа к сетке правого (по схеме) триода $Л_{401}$ и $Л_{403}$ (рис. 3-56), коллектору транзистора $Т_{28}$ и эмиттеру $Т_{31}$ (рис. 3-57) можно увидеть импульсное напряжение.

Проверка при помощи миллиампервольтомметра или тестера производится через пробник, представляющий собой пиковый детектор, которым можно обнаружить импульсные напряжения в указанных выше местах схемы. Миллиампервольтомметр включается на измерение постоянного напряжения 30—50 В. По показаниям миллиампервольтомметра можно судить о величине импульсных напряжений в контролируемых точках схемы.

Подгонка частоты необходима при значительных отклонениях параметров деталей схемы, выполняется после настройки УПЧИ и после того, как произведена проверка работы оконечных каскадов строчной и кадровой развертки, а на экране кинескопа получен растр, на котором имеются следы изображения.

Когда частота задающего генератора строчной развертки отличается от требуемой, то на экране видны косые широкие темные полосы, образованные бланкирующими импульсами (границами) незасинхронизированного изображения. Если сопротивление резисторов R_{546}, R_{165}, R_{167}, включенных в цепь сетки лампы или в цепь базы транзистора (рис. 3-56, 3-57), равно нулю, а полосы на экране расположены справа вниз налево, то нужно уменьшить сопротивление резисторов R_{452}, R_{166}, R_{167}. Если сопротивление переменных резисторов максимально, а полосы на экране расположены слева вниз направо, то сопротивление отмеченных резисторов надо увеличить.

Когда частота задающего генератора кадровой развертки отличается от требуемой, кадр изображения не остается неподвижным и движется по экрану. Если сопротивление резисторов R_{543}, R_{134}, включенных в цепь сетки лампы и в цепь базы транзистора, равно нулю, а кадр движется по экрану снизу вверх и остановить его не удается, то нужно уменьшить сопротивление резисторов R_{408}, R_{133} (рис. 3-56 и 3-57). Если сопротивление переменных резисторов максимально, а кадр движется по экрану сверху вниз, то нужно увеличить сопротивление упомянутых резисторов.

Проверка работы оконечных каскадов строчной и кадровой развертки

Если задающие генераторы работают, а растра на экране кинескопа нет или вместо растра видна одна лишь горизонтальная полоса, то необходимо проверить работу оконечного каскада сначала строчной, затем кадровой развертки.

Проверка оконечного каскада строчной развертки сводится к измерению напряжений, определяющих режим его работы. При нормальной работе каскада на конденсаторе вольтодобавки C_{502} и конденсаторе фильтра выпрямителя фокусирующего напряжения C_{162} (рис. 3-56—3-57) имеются напряжения, указанные на схемах. Если эти напряжения имеются, а растра нет, то нужно проверить работу высоковольтного выпрямителя $Л_{503}$ и $Л_6$—$Л_8$. Эта проверка сводится к замеру напряжения, поступающего от указанного выпрямителя на анод кинескопа. Замер производится ампервольтомметром, например, типа ТТ-1 с гирляндой добавочных резисторов, расширяющих пределы измерения до 20 кВ. Гирлянду из пяти резисторов типа ВС-27 МОм 1 Вт заключают в несколько поливиниловых трубок, вставленных друг в друга. Измеряя высокое напряжение, следует строго соблюдать меры безопасности.

Если размер растра по горизонтали при крайнем положении соответствующего регулятора мал, то нужно увеличить емкость конденсаторов C_{506} и C_{159}. При этом длительность обратного хода возрастет, высокое напряжение на аноде кинескопа уменьшится и это приведет к увеличению размера растра. Если же размер растра велик, то нужно уменьшить емкость указанных конденсаторов. Из-за возникающего при этом увеличения высокого напряжения повысится яркость изображения, улучшатся его фокусировка и четкость.

При помощи пробника с пик-детектором можно обнаружить пилообразноимпульсное напряжение на управляющих сетках ламп $Л_{501}$ и на базе транзисторов $Т_{32}$—$Т_{34}$.

Проверка оконечного каскада кадровой развертки сводится к проверке наличия импульсного напряжения, возникающего на первичной обмотке ТВК ($Тр_{503}$, $Тр_5$ на рис. 3-56—3-57) во время обратного хода. Проверку ведут при помощи пробника с пик-детектором. При необходимости таким же образом можно обнаружить пилообразно импульсное напряжение на управляющих сетках лампы $Л_{401}$ и на базе транзисторов $Т_{24}$ и $Т_{30}$.

Если размер растра по вертикали недостаточен даже при крайнем положении регуля-

торов этого размера, то необходимо уменьшить величину резисторов R_{402}, R_{138} в зарядной цепи задающего генератора.

Регулировка схемы АПЧиФ строчной развертки

Подгонка частоты задающего генератора производится как и ранее, но при выключенном стабилизирующем контуре и при отсутствии синхроимпульсов на входе схемы АПЧиФ. С этой целью выводы катушки стабилизирующего контура L_{401} и $Др_{11}$ надо замкнуть, а управляющую сетку (рис. 3-56) триода лампы $Л_{402}$ и базу транзистора T_{22} (рис 3-55) надо соединить с шасси. В процессе подгонки надо установить такую частоту задающего генератора, при которой бегущий кадр изображения можно было бы хотя бы на короткое время остановить, оперируя регулятором частоты строк.

Настройка стабилизирующего контура производится при отсутствии синхроимпульсов на входе схемы АПЧиФ. После подгонки частот задающего генератора надо разомкнуть выводы катушки стабилизирующего контура. При этом частота задающего генератора резко изменится. Подстраивая сердечник катушки, надо добиться того, чтобы бегущий по экрану кадр хотя бы на короткое время останавливался. После этого отсоединяют сетку триода $Л_{402}$ и базу транзистора T_{22} от шасси и проверяют работу схемы АПЧиФ во время приема передачи различных телецентров, передающих изображение с привязкой к питающей сети другого энергетического кольца. Если в процессе этой проверки выяснится, что иногда при длительной работе телевизора синхронизация по строкам срывается, то нужно обратить внимание на качество конденсатора, включенного параллельно катушке стабилизирующего контура и заменить его на слюдяной типа КСО группы Г.

Определение нелинейности развертки и геометрических искажений

Нелинейность развертки и геометрические искажения растра определяют по изображению шахматного или сетчатого поля, полученного на экране при подаче на вход телевизора модулированного сигнала от специального генератора. В отсутствие такого генератора приходится ограничиться изображением испытательной таблицы. При этом точность определения искажений для любительских целей вполне приемлема.

Перед началом измерений размеры растра уменьшают с помощью регуляторов размера по вертикали и горизонтали так, чтобы были видны границы таблицы. Регуляторами линейности добиваются наиболее правильных геометрических соотношений изображения.

Определение нелинейности развертки по горизонтали и по вертикали производят, измеряя гибкой линейкой длину l центральных линий на границе квадратов В1Г1 и В8Г8 (по горизонтали) и А4А5 и Е4Е5 (по вертикали). Нелинейные искажения вычисляются по формулам

$$K_{\text{н.г}} = 200\frac{l_{\text{В1Г1}} - l_{\text{В8Г8}}}{l_{\text{В1Г1}} + l_{\text{В8Г8}}}\%;$$

$$K_{\text{н.в}} = 200\frac{l_{\text{А4А5}} - l_{\text{Е4Е5}}}{l_{\text{А4А5}} + l_{\text{Е4Е5}}}\%.$$

Улучшить линейность изображения по вертикали можно, оперируя регуляторами линейности и размера кадров, а также подбирая величину резистора в цепи смещения в конечном каскаде ($R_{423}R_{149}$ на рис. 3-56 и 3-57).

Улучшить линейность изображения горизонтали можно, регулируя положение магнита на регуляторе *РЛС* и изменяя емкость конденсатора C_{507} (рис. 3-56) и C_{166} (рис. 3-57).

Определение геометрических искажений типа «параллелограмм» и «трапеция» производят, измеряя гибкой линейкой стороны и диагонали *Д* испытательной таблицы по точкам в углах А1, А8, Е1 и Е8. Искажения вычисляют по формулам

$$K_{\text{гкг}} = 100\frac{\text{А1Е1} - \text{А8Е8}}{\text{А1Е1} + \text{А8Е8}}\% \quad \text{(трапеция по горизонтали)};$$

$$K_{\text{гтв}} = 100\frac{\text{А1А8} - \text{Е1Е8}}{\text{А1А8} + \text{Е1Е8}}\% \quad \text{(трапеция по вертикали)};$$

$$K_{\text{гпм}} = 200\frac{Д\text{А1Е8} - Д\text{Е1А8}}{Д\text{А1Е8} + Д\text{Е1Е8}}\% \quad \text{(параллелограмм)}.$$

Искажения типа «трапеция» и «параллелограмм» можно уменьшить, регулируя положение и ориентацию магнитов, установленных на внешней кромке отклоняющих систем ОС-110 и ОС-110А. Искажения типа «трапеция» по горизонтали можно уменьшить, шунтируя одну из кадровых отклоняющих катушек системы ОС-70, ОС-110 и ОС-110А резистором с сопротивлением 27—100 Ом.

Искажения типа «бочка» и «подушка» целиком зависят от конструкции отклоняющей системы и скорректировать их в любительских условиях трудно. Поэтому методика определения этих искажений не приводится.

3-10. ПРИЕМНИКИ ЦВЕТНОГО ТЕЛЕВИДЕНИЯ

Краткие сведения о сигнале изображения в системе SECAM

Принятая в Советском Союзе система цветного телевидения SECAM является совместимой системой, т. е. обеспечивает прием цветных передач в черно-белом виде на обычные телевизоры и черно-белых программ на цветные телевизоры. Совместимость достигается тем, что сигнал цветного телевидения содержит все элементы сигнала черно-белого телевидения, имеет такую же ширину спектра частот, такое же расположение в спектре

несущих частот сигналов изображения и звукового сопровождения и такие же способы модуляции этих частот, как и в системе черно-белого телевидения.

В системе SECAM передается информация о трех основных цветах: красном R, синем B и зеленом G. Все другие цвета образуются смешением этих трех основных.

Сигналы яркости и цветности. Информацию о яркости деталей изображения несет сигнал яркости E'_Y, эквивалентный сигналу черно-белого телевидения; при передаче «цветной» программы он принимается обычными телевизорами, что и дает возможность видеть на их экранах цветное изображение в черно-белом виде.

Состоит сигнал яркости E'_Y из суммы сигналов: красного E_R, зеленого E_G и синего E_B, полученных в передающей камере на выходах трех передающих трубок. С учетом чувствительности глаза

$$E'_Y = 0{,}30E'_R + 0{,}59E'_G + 0{,}11E'_B.$$

Информацию о цветовом тоне изображения содержит сигнал цветности $E_{цв}$. Его амплитуда изменяется в соответствии с насыщенностью передаваемого цвета. Сигнал $E_{цв}$ передается в закодированном виде, в «цветном» телевизоре декодируется специальной схемой и используется для «окрашивания» изображения. На качество изображения при приеме «цветных» программ на черно-белый телевизор сигнал $E_{цв}$ не влияет.

Сигнал цветности $E_{цв}$ состоит из трех сигналов, несущих информацию о насыщенности трех основных цветов R, G и B. Сигналы эти получают после вычитания из сигналов E'_R, E'_G и E'_B сигнала E'_Y, соответствующего белому цвету:

$$E'_{цвR} = E'_R - E'_Y = 1{,}0E_R - (0{,}30E'_R + 0{,}59E'_G + 0{,}11E'_B) = 0{,}70E'_R - 0{,}59E'_G - 0{,}11E'_B;$$

точно так же

$$E'_{цвG} = E'_G - E'_Y = -0{,}3E'_R + 0{,}41E'_G - 0{,}11E'_B \text{ и } E'_{цвB} = E'_B - E'_Y = -0{,}30E'_R - 0{,}59E'_G + 0{,}89E'_B.$$

Сокращенно эти сигналы обнзачают E_{R-Y}, E_{G-Y} и E_{B-Y} и называют видеосигналами цветности или цветоразностными сигналами.

Амплитуда цветоразностных сигналов при передаче слабо насыщенных цветов мала, а при передаче белого цвета равна нулю. Большинство деталей цветных изображений имеет слабо насыщенную окраску или совсем бесцветны. При этом передать цветоразностные сигналы легче, чем сигналы E'_R, E'_G и E'_B, амплитуда которых при образовании белого цвета максимальна.

В системе SECAM передают только два цветоразностных сигнала: E'_{R-Y} и E'_{B-Y}. В матричной схеме телевизора эти сигналы складывают и получают третий сигнал:

$$0{,}51E'_{R-Y} + 0{,}19E'_{B-Y} = 0{,}51\,(0{,}70E'_R - 0{,}59E'_G - 0{,}11E'_B) + 0{,}19\,(-0{,}30E'_R - 0{,}59E'_G + 0{,}89E'_B) = 0{,}30E'_R - 0{,}41E'_G + 0{,}11E'_B = -E'_{G-Y}.$$

Положительную полярность этот сигнал приобретает после фазоинверторного каскада.

Спектр частот. Полоса частот передаваемых цветоразностных сигналов сужена до 1,5 МГц, и мелкие детали изображения, сигналы от которых появлялись бы на более высоких частотах передаваемого спектра, не «окрашиваются».

Сигнал яркости E'_Y передается в стандартной для черно-белого телевидения полосе частот, а цветоразностные сигналы E_{R-Y} и E_{B-Y} передаются с использованием частотной модуляции на дополнительных цветовых поднесущих, расположенных в области высших частот спектра сигнала яркости (рис. 3-58).

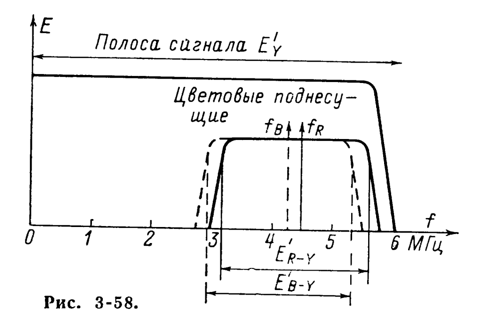


Рис. 3-58.

Для лучшего уплотнения передаваемого спектра значения цветовых поднесущих близки по частоте (f_R=4,406 МГц; f_B=4,25 МГц), поэтому передавать два цветоразностных сигнала одновременно невозможно. Они передаются поочередно с чередованием через строку. Чтобы получить три цветоразностных сигнала одновременно, в телевизоре системы SECAM имеется устройство памяти и электронный коммутатор (рис. 3-59). В качестве устройства памяти применяется ультразвуковая линия задержки (УЛЗ) со временем задержки, равным длительности одной строки (64 мкс).

Принятые сигналы цветовых поднесущих, модулированные с сигналами E_{R-Y} и E_{B-Y}, поступают на один вход электронного коммутатора через УЛЗ, а на второй вход этого коммутатора — непосредственно. Переключения в коммутаторе производятся синхронно с частотой строк и на каждом из двух его выходов появляется сигнал одной и той же цветовой поднесущей (f_R и f_B). Поэтому несмотря на последовательную передачу сигналов E_{R-Y} и E_{B-Y} они имеются на выходе декодирующего устройства в телевизоре одновременно.

Передаваемый сигнал E_{R-Y} имеет обычно большую амплитуду, а сигнал E_{B-Y} бывает малым и часто отрицательным. Чтобы в условиях возможного завала высших частот в тракте передачи насыщенность красного и пурпурного цвета не уменьшилась, девиация сигнала f_R сделана отрицательной. С этой целью полярность передаваемого сигнала E_{R-Y} иная, чем полярность сигнала E_{B-Y}.

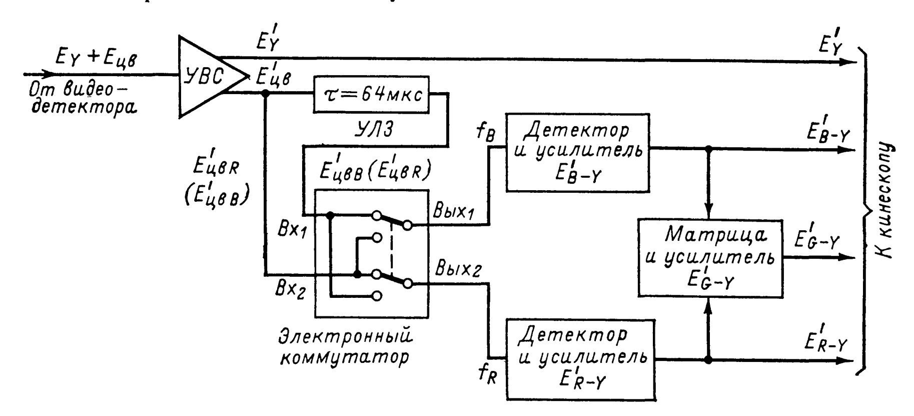


Рис. 3-59.

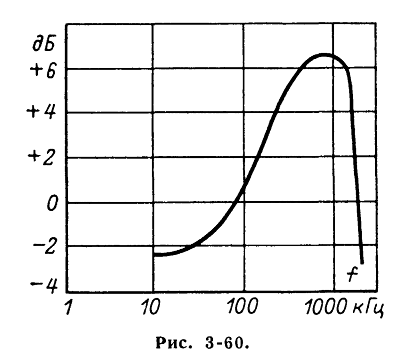


Рис. 3-60.

В передатчике после прохождения через уравнительные усилители образуются сигналы $D'_R = -1{,}9E_{R-Y}$ и $D'_B = 1{,}5E_{B-Y}$. Перед подачей на модулятор эти сигналы пропускаются через фильтры видеочастотных предыскажений. После фильтров амплитуда сигналов D'_R и D'_B в области высших частот оказывается увеличенной до 6,5 дБ (рис. 3-60).

В телевизорах полученные на выходе частотных детекторов цветоразностные сигналы пропускаются через фильтры, ослабляющие высшие видеочастоты. Уровень указанных сигналов на этих частотах приводится к нормальному, а высокочастотные составляющие шумов и помех в этих сигналах ослабляются.

К сигналам D'_R и D'_B добавляется сигнал цветовой синхронизации — импульсы опознавания: для сигнала D'_R — положительной полярности, а для сигнала D'_B — отрицательной (рис. 3-61).

Импульсы опознавания используются в телевизоре для обеспечения синхронной работы и получения правильной фазы переключения коммутатора. Они передаются в 7—15 и 320—328 строках внутри полукадровых гасящих импульсов.

Поочередно поступающие на частотный модулятор цветовые поднесущие $f_B = 4{,}25$ МГц и $f_R = 4{,}406$ МГц модулируются соответственно сигналами D'_B и D'_R. При относительном уровне последних, равном единице, девиация поднесущих составляет $\Delta f_{R_0} = \pm 280$ кГц и $\Delta f_{B_0} = \pm 230$ кГц. При передаче сигналов D'_R и D'_B мелких окрашенных деталей изобра-

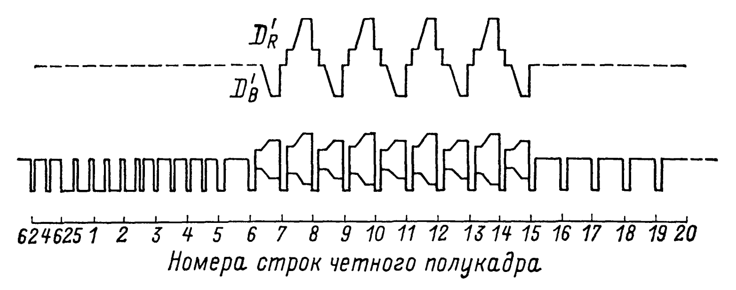


Рис. 3-61.

жения девиация возрастает до +350 и —500 кГц для f_{R0} и до +500 и —350 кГц для f_{B0}.

В кодирующем устройстве на передатчике частотно-модулированные сигналы пропускаются через фильтр высокочастотных предыскажений, имеющий характеристику с минимумом пропускания на частотах f_B и f_R (рис. 3-62). После этого амплитуда поднесущих оказывается значительно ослабленной, что уменьшает их заметность на экранах черно-белых телевизоров.

Корректирующий фильтр в декодирующем устройстве цветного телевизора приводит к нормальному уровень поднесущих. При этом ослабляются и высокочастотные составляющие яркостного сигнала, попадающие в полосу частот сигнала $E_{цв}$ и отличающиеся по частоте от поднесущих f_{R0} и f_{B0}. Указанный фильтр не ослабляет составляющие яркостного

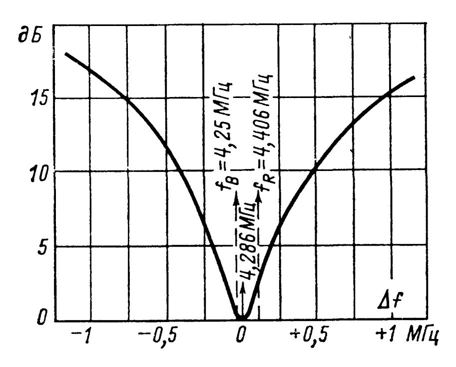


Рис. 3-62.

сигнала, частота которых близка к частотам f_{R0} и f_{B0}. Мешающее действие таких составляющих мало, так как напряжение на выходе частотных детекторов цветоразностных сигналов оказывается большим лишь при поступлении на их входы сигналов, частоты которых сильно отличаются от начального значения поднесущих.

Сумма сигнала f_R (f_B), полученного на выходе кодирующего устройства, и яркостного сигнала E'_Y, выступает в роли полного сигнала цветного телевидения В полный сигнал добавляются пакеты синусоидальных колебаний с начальными значениями цветовых поднесущих f_{R0} и f_{B0}, располагающиеся на площадках гасящих импульсов и предохраняющие частотные детекторы декодирующего устройства телевизора от воздействия шумов при отсутствии цветоразностных сигналов.

Кинескоп цветного телевизора. Кинескоп имеет три электронных прожектора и экран в виде мозаики из сотен тысяч пятен люминофоров красного, зеленого и синего свечения (*R*, *G*, *B*) (рис. 3-63).

Пятна мозаики, расположенные в строго определенном порядке, образуют триады — группы из трех пятен. Три электронных луча *R*, *G* и *B* создаются тремя электронными прожекторами, каждый из которых состоит из подогревателя, катода, модулятора, ускоряющего и фокусирующего электродов. Перед экраном расположена цветоделительная маска — тонкий металлический лист с отверстиями диаметром 0,25 мм, число которых достигает 550 000. Каждый из трех лучей благодаря фиксированному наклону прожектора попадает лишь на пятна люминофора «своего» цвета и возбуждает их. Маска задерживает большую часть электронного потока лучей

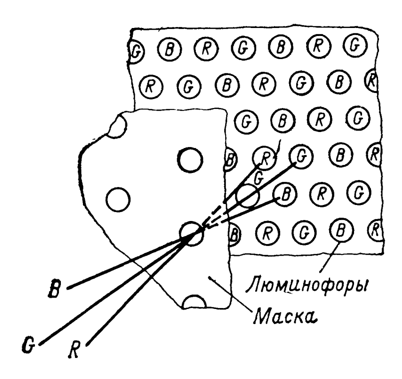


Рис. 3-63.

и достаточная яркость свечения люминофоров достигается при напряжении второго анода до 25 кВ и токе каждого из лучей 300—400 мкА.

Режим электронных прожекторов устанавливают таким, что без сигнала $E_{цв}$ суммарный цвет свечения экрана получается белым. При приеме лишь сигнала E'_Y изображение выглядит «не окрашенным». Под действием сигнала $E_{цв} = E_{цвR} + E_{цвB} + E_{цвG}$, модулирующего три прожектора, возникают различия в интенсивности свечения люминофоров и изображение «окрашивается». Если декодирующее устройство цветного телевизора выключить, то на него можно принимать черно-белые программы.

Структурная схема цветного телевизора

Селектор каналов, каскады УПЧИ, видеодетектор и канал звукового сопровождения цветного телевизора аналогичны одноименным функциональным узлам телевизора для приема черно-белой программы. Поэтому при конструировании цветных телевизоров можно использовать блоки ПТК и приемно-усилительные блоки от обычных заводских или самодельных телевизоров, иногда с некоторыми переделками.

Блок разверток цветного телевизора сложнее, так как для работы отклоняющей системы трехлучевого кинескопа требуется большая мощность, для него необходимо более высокое (20—25 кВ) и при этом стабильное ускоряющее напряжение; кроме того, нужен отдельный выпрямитель, дающий 3—6 кВ на фокусирующий электрод кинескопа. Однако и блок разверток цветного телевизора можно сконструировать с применением нормализованных деталей (ТВС, ТВК, РРС и др.).

Существенной особенностью цветного телевизора является наличие в нем электромагнитной системы сведения лучей трех электронных прожекторов кинескопа и блока цветности устройства, декодирующего сигнал цветности.

Блок цветности. Функциональные элементы и группы этого блока окружены на структурной схеме (рис. 3-64) штрих-пунктирной линией. Сигналы яркости и цветности разделяются после первого видеоусилителя. С его выхода цветовые поднесущие f_R и f_B поступают на полосовой «клапанный» усилитель, выход которого соединен со входом *I* электронного коммутатора непосредственно и с выходом *II* через УЛЗ. Линия эта задерживает сигналы f_R и f_B на время передачи одной строки изображения, т. е. на 64 мкс, вследствие чего оба сигнала f_R и f_B возникают на входах *I* и *II* коммутатора одновременно. При поступлении сигнала f_R вход *I* соединяется с выходом *IV* и вход *II* с выходом *III*, а при поступлении сигнала f_B вход *I* соединяется с выходом *III*, а вход *II* с выходом *IV*. В результате на выходе *III* всегда появляется сигнал f_B, а на выходе *IV* сигнал f_R.

Коммутатор управляется П-образными импульсами, поступающими от генератора коммутирующих импульсов. Начальная фаза импульсов этого генератора устанавливается схемой опознавания и выключения цвета, которая, кроме того, запирает клапанный усилитель при приеме цветным телевизором черно-белой программы (когда в полном сигнале отсутствуют поднесущие f_R и f_B).

С выходов коммутатора сигналы f_B и f_R поступают на ограничители, усиливаются и подаются на входы частотных детекторов. Здесь сигналы f_B и f_R демодулируются, и на выходе декторов появляются цветоразностные сигналы E_{B-Y} и E_{R-Y}. Так как вместо сигнала E_{B-Y} передается сигнал обратной полярности E_{Y-B}, то наклон характеристики частотного детектора этого сигнала противоположен наклону характеристик детектора сигнала E_{R-Y}.

Сигналы E_{B-Y} и E_{R-Y} усиливаются в видеоусилителях, где осуществляется коррекция видеочастотных предыскажений, и поступают в матрицу, где формируется сигнал E_{G-Y}, который усиливается видеоусилителем.

Кроме сигналов от деталей изображения на выходе видеоусилителей E_{B-Y} и E_{R-Y} появляются сигналы опознавания, которые подаются в суммирующую схему, содержащую фильтр верхних частот. Этот фильтр формирует сигналы, используемые для управления схемой опознавания и выключения цвета.

Полученные на выходе блока цветности сигналы E_{B-Y}, E_{R-Y} и E_{G-Y} поступают на модуляторы прожекторов кинескопа. Одновременно на катоды прожекторов поступает яркостный сигнал E'_Y с выхода видеоусилителя яркостного канала. В кинескопе происходит вычитание сигнала E'_Y из сигналов E_{B-Y}, E_{R-Y} и E_{G-Y}, прожекторы оказываются промодулированными сигналами цветности E_B, E_R и E_G и на экране воспроизводится цветное изображение.

В видеоусилителе яркостного канала имеется линия задержки (ЛЗ), в которой сигнал E'_Y задерживается на время 0,6—0,8 мкс. Это необходимо для того, чтобы сигнал E'_Y и запаздывающие сигналы цветности от одной и той же детали изображения одновременно модулировали прожекторы кинескопа. Из-за запаздывания сигналов цветности, усиливаемых в канале, полоса пропускания которого уже полосы канала яркости (1,5 и 6 МГц соответственно), краски на экране кинескопа могут сдвинуться относительно контуров деталей изображения.

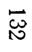
Система сведения лучей в кинескопе

Однородность каждого из трех цветных растров на экране кинескопа зависит от точности его изготовления и качества отклоняющей системы. Подбирая длину, форму и взаимное расположение, удается получить один общий центр отклонения у строчных и кадровых отклоняющих катушек и совместить его с плоскостью, проходящей через выходы электронных прожекторов. Неточности при изготовлении кинескопа и отклоняющей системы, а также магнитные поля земли и от деталей телевизора могут явиться причинами частичного попадания лучей не на «свои» точки лимонофора.

Магниты чистоты цвета с продольным по отношению к осям прожекторов полем применяют для коррекции упомянутых неточностей. Вредное влияние внешних магнитных полей устраняют экранировкой колбы кинескопа и размагничиванием его деталей при помощи постоянных магнитов или петли размагничивания, размещенных на колбе.

Три луча должны оставаться сведенными в одну точку не только в центре экрана, но и по всей его поверхности в процессе отклонения. Из-за неодинакового расстояния от центра и краев экрана до центра отклоняющей системы, смещения осей прожекторов относительно этого центра и не оптимальной формы, диаметра, длины и распределения витков отклоняющих катушек границы трех одноцветных растров оказываются не совмещенными.

Статическое сведение лучей в центре экрана и их динамическое сведение по всей его поверхности в процессе отклонения осуществляется действием на каждый луч постоянного и переменного магнитных полей (рис. 3-65). Для этого внутри горловины кинескопа по бокам каждого прожектора расположены полюсные наконечники, изготовленные из пластин магнитномягкого металла, напротив которых на горловине устанавливаются внешние полюсные наконечники электромагнитов системы сведения. Постоянное магнитное поле для статического сведения лучей создают при помощи вращающихся постоянных магнитов, размещенных в средней части сердечников Б,



УПЧЗ
Ограничитель
ЧМ детектор
УНЧ
Гр
ПТК
УПЧИ
Видеодетектор
Первый видеоусилитель
Яркостный канал
$\tau = 0{,}7$ мкс
E_Y
ЛЗ
E'_Y
СС
ОС
B G R
f_R, f_B
Ограничители
Клапанный полосовой усилитель
$f_B (f_R)$
Δt
УЛЗ
Коммутатор
f_B
II
10
III
I
IV
$f_R (f_B)$
f_R
E'_{B-Y}
E'_{R-Y}
Частотный детектор
Частотный детектор
Матрица E'_{G-Y}
E'_{G-Y}
Видеоусилитель
Сумматор импульсов опознавания
Схема опознавания и выключения
Г
Блок цветности
Г
Схема формирования токов сведения
Селектор синхроимпульсов
Г
3–6 кВ
Стабилизатор ускоряющего напряжения
20–25 кВ

Рис. 3-64.

или пропуская постоянный ток через катушки электромагнитов. Для динамического сведения лучей через эти катушки пропускают переменные токи, изменяющиеся по закону параболы. Поле электромагнитов перемещает синий луч вертикально; для его горизонтального перемещения служит постоянный магнит А.

Отклоняющая система, сконструированная из условий лучшего сведения лучей, дает

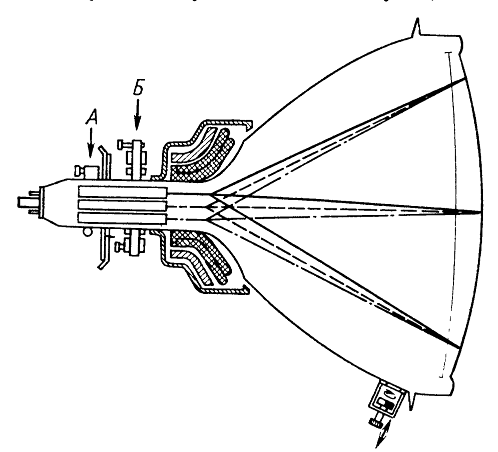


Рис. 3-65.

повышенную величину подушкообразных искажений растра.

Блок развертки цветного телевизора на кинескопе с углом отклонения луча 90° содержит дополнительную схему коррекции подушкообразных искажений. Из-за жестких требований к форме и точности намотки секций катушек изготовить отклоняющую систему для цветного телевизора в любительских условиях трудно. Остальные элементы и детали для системы сведения и коррекции траектории лучей можно изготовить самостоятельно.

Самодельный электромагнит системы сведения лучей (рис. 3-66). Сведение лучей в про-

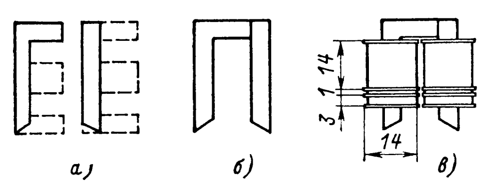


Рис. 3-66.

цессе их отклонения по вертикали и по горизонтали осуществляется двумя парами катушек, питаемых токами параболической формы. Катушки имеют сердечник Ш7 из феррита марки 1000НМ, ненужные части которого стачивают на наждачном круге (рис. 3-66, *а*). Несточенные поверхности склеивают клеем БФ-2 (рис. 3-66, *б*). Кадровые катушки содержат по 2 000 витков, строчные — по 150 витков, намотанных внавал на картонных каркасах проводом ПЭВ-2 0,15 (рис. 3-66, *в*). Для последовательного включения у каждой пары катушек, намотанных в одну сторону, между собой соединены концы и выведены начала. Для статического сведения через катушки самодельной системы сведения пропускают постоянный ток.

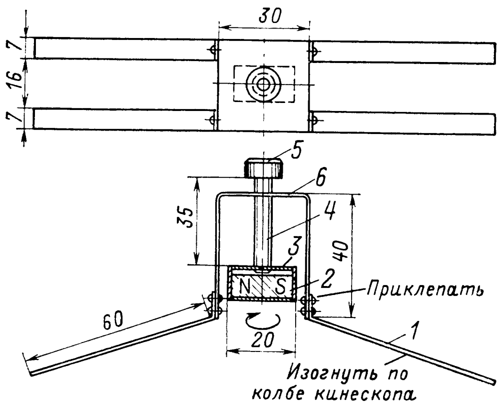


Рис. 3-67.

Полюсные наконечники магнита сдвига синего луча (рис. 3-65) изготавливают из полоски магнитномягкого железа. В них закрепляют круглый сердечник от магнита центровки кадра для черно-белых кинескопов. Такой же целый магнит можно использовать вместо дисковых магнитов для регулировки чистоты цвета.

На рис. 3-67 показана конструкция магнитов размагничивания кинескопа. Кронштейн

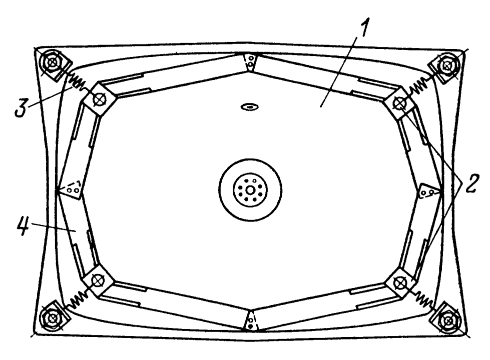


Рис. 3-68.

6 с полюсными наконечниками *1* изготавливают из магнитномягкого железа. Сердечник *2* от магнита ионной ловушки кинескопов 18ЛК5Б упакован в обойму *3*, приклепанную к длинному винту *4* с ручкой *5*, который служит для регулировки положения и перемещения сердечника. Четыре кронштейна *2* с магнитами укреплены на хомуте из полосы алюминия *4*, оклеенной с одной стороны резиной, облегающей колбу кинескопа *1* (рис. 3-68). Хомут притянут к колбе четырьмя пружинами *3*, которые закреплены за четыре

наконечника *2* от электрических кабелей, поджатых под гайки, крепящие бандаж *4* кинескопа на четырех шпильках, прикрепленных к футляру телевизора.

Схема включения цветных кинескопов и узел строчной развертки

Схема включения цветных кинескопов 40Л52Ц, 59Л53Ц и 53ЛК4Ц приведена на рис. 3-69. При ускоряющем напряжении 25 кВ для удовлетворительной фокусировки напряжение на фокусирующем электроде составляет 3—6 кВ.

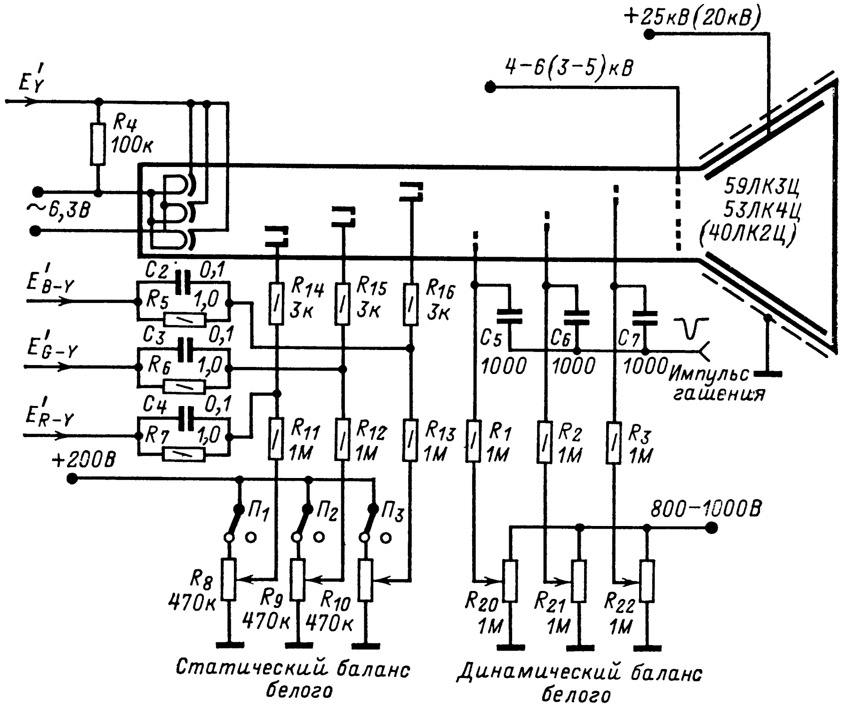


Рис. 3-69.

Потенциометрами R_8 — R_{10} регулируют начальные токи лучей и устанавливают статический баланс белого для выбранной яркости свечения экрана. Чтобы при регулировке яркости в широких пределах установленное соотношение сохранялось, необходимы различные приращения токов лучей при одинаковом изменении напряжения на катодах. Для этого крутизну характеристик прожекторов делают различной. Изменением напряжения на ускоряющих электродах при помощи потенциометров R_{20} — R_{22} варьируется крутизна характеристик прожекторов и устанавливается динамический баланс белого в широком диапазоне яркости свечения экрана.

Конденсаторы C_2 — C_4 шунтированы резисторами R_5 — R_7 для передачи постоянной составляющей цветоразностных сигналов. Гашение лучей на время обратного хода осуществляется подачей через конденсаторы C_5 — C_7 на ускоряющие электроды отрицательных импульсов. Тумблерами $П_1$ — $П_3$ отключают регуляторы статического баланса белого и запирают прожекторы кинескопа во время налаживания телевизора.

Узел строчной развертки. Для любительских цветных телевизоров пригоден узел строчной развертки с лампой 6П36С в оконечном каскаде (рис. 3-70). Повышенное ускоряющее напряжение и бо́льшую амплитуду тока в строчных катушках отклоняющей системы удается получить благодаря включению в цепь демпфирующего диода $Л_3$ большего числа витков анодной обмотки выходного трансформатора. Для этого конденсатор C_{16} присоединен не к выводам *6* и *7* трансформатора ТВС-90-ЛЦ-2, а к выходу *5*. Ускоряющее напряжение 25 кВ для кинескопов 53ЛК4Ц и 59ЛК3Ц можно получить от выпрямителя $Л_4$ с кенотроном 3Ц16С или 3Ц22С, а напряжение 20 кВ для кинескопа 40ЛК2Ц — используя в выпрямителе кенотрон 1Ц7С и понизив анодное напряжение, питающее блок до 360 В.

В стабилизаторе ускоряющего напряжения $Л_6$ по шунтовой схеме работает лампа 6С20С. На ее катод со стабилитрона $Л_8$ подано опорное напряжение, которое используется и в схеме стабилизации динамического режима оконечного каскада. Напряжение на сетке $Л_6$, снимаемое с делителя R_{30} — R_{37}, меньше, чем на ее катоде, и подобрано так, что внутреннее сопротивление этой лампы оказывается большим, если напряжение на ее аноде меньше 24—25 кВ. Когда это напряжение увеличивается, то лампа $Л_6$ открывается и ее

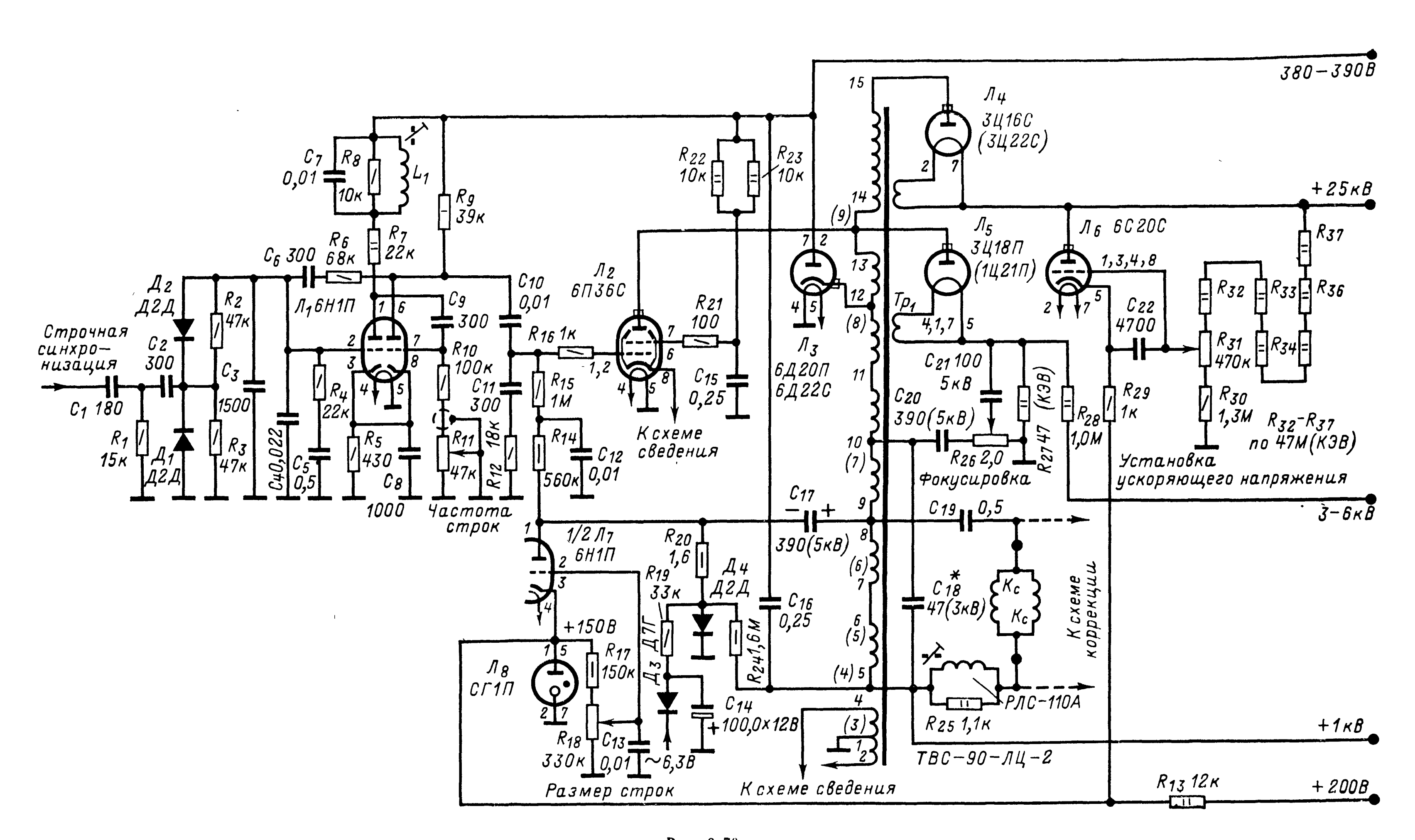

Строчная синхро-низация
380—390В
+25кВ
3-6кВ
+1кВ
+200В
Частота строк
Размер строк
Фокусировка
Установка ускоряющего напряжения
К схеме сведения
К схеме коррекции
ТВС-90-ЛЦ-2
РЛС-110А
R_{32}-R_{37} по 47М(КЭВ)

Рис. 3-70.

внутреннее сопротивление, шунтирующее выходную цепь выпрямителя с кенотроном $Л_4$, понижается. При этом падение напряжения на внутреннем сопротивлении кенотрона $Л_4$ увеличивается, а выходное напряжение поддерживается на установленном уровне.

В выпрямителе фокусирующего напряжения $Л_5$ можно использовать лампу 1Ц1С, 1Ц11П или 3Ц18П. Плавное регулирование этого напряжения осуществляется потенциометром R_{26}, а грубое — подбором места подключения анода $Л_5$ к отводам обмотки трансформатора $Тр_1$.

Лампа $Л_7$ и стабилитрон $Л_8$ работают в схеме стабилизации динамического режима оконечного каскада. Нити накала ламп $Л_6$ и $Л_7$ должны питаться от отдельной обмотки трансформатора.

Диоды $Д_3$ и $Д_4$ работают в схеме защиты лампы $Л_2$ в течение времени, необходимого для прогрева катода демпфера, когда напряжение на аноде лампы $Л_2$ отсутствует, а мощность, рассеиваемая на ее экранирующей сетке, может превысить максимально допустимую. В это время на конденсаторе C_{16} нет напряжения вольтодобавки и отрицательное напряжение, получаемое на выходе выпрямителя с диодом $Д_3$, запирает диод $Д_4$ и смещает рабочую точку лампы $Л_2$ в область меньшего тока экранной сетки. По мере прогрева катода $Л_3$ появляется напряжение вольтодобавки, которое через резистор R_{24} поступает на анод диода $Д_4$ и отпирает его. Прямое сопротивление открытого диода $Д_4$ мало, и отрицательное напряжение от выпрямителя с диодом $Д_3$ на управляющую сетку $Л_2$ не поступает. После этого режим $Л_2$ зависит лишь от величины отрицательного напряжения, поступающего на ее управляющую сетку от схемы стабилизации на лампах $Л_7$ и $Л_8$.

Катодный ток лампы $Л_2$ питает электромагниты для статического сведения лучей и пропускается через кадровые катушки ОС для центровки растра по вертикали. С дополнительной обмотки трансформатора $Тр_1$ (выводы *2—3*) снимаются импульсные напряжения, необходимые для схемы сведения лучей.

Строчные катушки ОС подключены к выводам *8*, *9* и *5* трансформатора $Тр_1$ через конденсатор C_{19} и регулятор линейности РЛС-110А. При хорошей линейности отклоняющего тока изображение находится в центре экрана, и центрировать его по горизонтали не нужно. В качестве трансформатора $Тр_1$ можно использовать трансформатор ТВС-110А (на рис. 3-70 его выводы поставлены в скобках). Из-за модуляции импульсного напряжения на строчном трансформаторе при подключении к нему схемы коррекции подушкообразных искажений импульсы на схему АПЧиФ ($Д_1Д_2$) снимаются через цепь R_8C_6 с анода $Л_1$ мультивибратора.

С целью упрощения схемы можно отказаться от стабилизации динамического режима оконечного каскада и исключить из схемы лампы $Л_7Л_8$ резисторы R_{14}, R_{17}, R_{18} и конденсаторы C_{12}, C_{13}, C_{17}. Нижний по схеме вывод резистора R_{15} надо соединить с анодом диода $Д_4$, на катод лампы $Л_6$ подать напряжение $+380 \div +390$ В, а необходимый размер растра по горизонтали установить подбором резисторов R_9 и R_{22}. При отсутствии у радиолюбителя высоковольтных резисторов R_{32} — R_{37} верхний по схеме вывод потенциометра R_{31} надо соединить через резистор 2,7 МОм с выводом *5* трансформатора $Тр_1$ и подать на сетку $Л_6$ часть напряжения вольтодобавки, которое тоже меняется при изменении тока лучей кинескопа.

Если у радиолюбителя нет лампы 6С20С, то можно ограничиться применением одной лишь схемы стабилизации динамического режима ($Л_7$, $Л_8$), которая в некоторой степени устраняет и колебания ускоряющего напряжения. Из-за колебаний ускоряющего напряжения изменяется чувствительность по отклонению и сведению электронных прожекторов кинескопа и сведение их лучей ухудшится.

Стабилизирующий контур L_1C_7 можно взять от телевизора УНТ-47/59. На трансформаторе $Тр_1$ для накала ламп $Л_4$ и $Л_5$ следует разместить две обмотки, содержащие по одному витку провода ПВЛ. Панель кенотрона $Л_4$ нужно установить в средней части стакана из оргстекла высотой 60 мм с толщиной стенок 7 мм. Для защиты от мягкого рентгеновского излучения лампу $Л_6$ необходимо заключить в цилиндрический экран из стали толщиной 1—2 мм. Гирлянду из резисторов R_{32} — R_{37} нужно защитить от пыли, надев на нее поливиниловую трубку.

При использовании кинескопа 59ЛК3Ц в оконечном каскаде следует применить лампу 6П42С.

Узел кадровой развертки

Узел кадровой развертки (рис. 3-71) содержит амплитудный селектор синхроимпульсов и задающий генератор на лампе $Л_1$ и оконечный каскад на лампе $Л_2$.

Мощность, развиваемая оконечным каскадом, увеличена благодаря повышенному до 390 В напряжению питания анодной цепи $Л_2$ и вполне достаточна для отклонения лучей кинескопов 40ЛК2Ц и 53ЛК4Ц. Для эффективного гашения большого импульсного напряжения и предотвращения пробоя изоляции параллельно обмотке *I* выходного трансформатора $Тр_2$ подключена цепь $Д_1Д_2C_{14}$. В катодную цепь лампы $Л_2$ включены кадровые катушки системы сведения. С обмоток *III*—*V* снимаются пилообразные напряжения, необходимые для формирования пилообразных составляющих тока в указанных катушках. Чтобы получить большую мощность, в оконечный каскад телевизора с кинескопом 59ЛК3Ц следует включить параллельно две лампы 6П18П.

Для центровки растра по вертикали через кадровые катушки ОС пропускается постоянный ток. Хорошие результаты получаются при использовании схемы с двойной выходной обмоткой *II* на ТВК (рис. 3-72). Одинаковые части этой обмотки, намотанные в два провода, через конденсаторы C_1 и C_2 соединены по переменному току параллельно. К точке соединения этих конденсаторов подклю-

чены кадровые катушки ОС и движок потенциометра R_1, который включен параллельно частям выходной обмотки, соединенных для постоянного тока последовательно. Под действием этого тока на потенциометре R_1 и частях выходной обмотки *II* образуется паде-

К каждому контуру подключены зарядные цепи ($Д_1R_4$, $Д_2R_5$, $Д_3R_6$) и элементы, корректирующие форму тока (C_1R_1, C_2R_2, C_3R_3). Чтобы характер перемещения синего луча, отклоняемого СС лишь вертикально, был таким же, как и у зеленого и красного лучей,

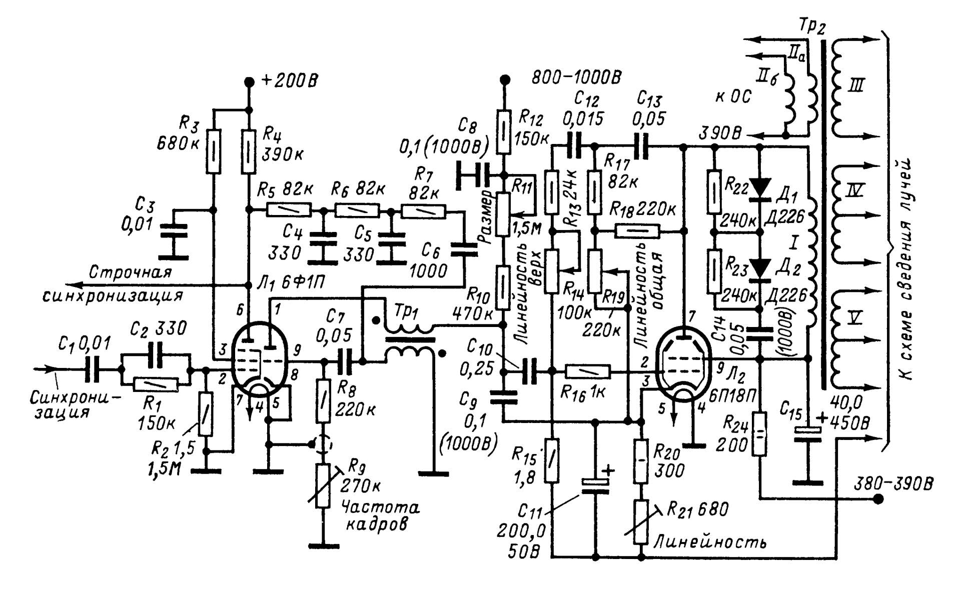


Рис. 3-71.

ние напряжения. Перемещая движок R_1, можно менять полярность напряжения, приложенного к кадровым катушкам ОС, и пропускать через них постоянный ток в том или ином направлении.

В узле кадровой развертки используется ряд деталей промышленного изготовления, $Тр_1$ — унифицированный типа БТК и БТКП, R_{21} (рис. 3-71) и R_1 (рис. 3-72) — проволочные потенциометры для фокусировки и центровки от телевизоров «Луч» и КВН-49. Трансформатор $Тр_2$ — самодельный с сердечником Ш26 × 30. Сначала в два привода наматывается обмотка *II*, содержащая 228 + + 228 витков ПЭВ 0,38, затем – обмотки *III*—*V* по 40 + 40 витков ПЭВ 0,16 каждая. Последняя обмотка *I* содержит 2 740 витков ПЭВ 0,16. Каждый слой провода этой обмотки изолируют слоем тонкой конденсаторной бумаги. Между обмотками прокладывают слой лакоткани.

Схема сведения (рис. 3-73) формирует токи для питания катушек системы сведения (СС). Хорошее сведение лучей можно получить, питая строчные катушки СС током, кривая изменения которых — отрезок синусоиды. Такие токи формируют в цепи колебательных контуров ($f = 7 \div 9$ кГц), ударно возбуждаемых импульсами обратного хода строчной развертки, снимаемыми с дополнительной обмотки ТВС. В контуры входят катушки электромагнитов СС L_4 — L_9, дополнительные катушки L_1 — L_3 и конденсаторы C_5 — C_7.

к катушкам L_8 и L_9 подключен дополнительный корректирующий контур $L_{16}C_4R_7$, настроенный на вторую гармонику тока сведения.

Для сведения лучей по вертикали используется ток параболической формы, протекающий в цепи катода лампы $Л_2$ оконечного каскада кадровой развертки ($Л_2$ на рис. 3-71). Потенциометрами R_8 — R_{10} регулируется амплитуда этого тока, который протекает через

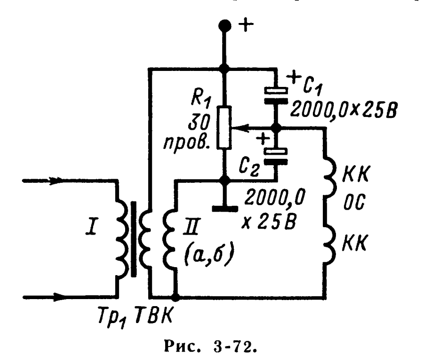


Рис. 3-72.

обмотки ТВК, потенциометры R_{14}—R_{16} и конденсатор C_8. По кадровым катушкам СС кроме тока параболической формы протекает и ток пилообразной формы, амплитуда и фаза которого регулируются потенциометрами R_{11}—R_{13}, подключенными к обмоткам *III*—*V* ТВК.

Это дает возможность в нужной степени рассимметрировать ветви параболы тока в катушках СС и добиться хорошего сведения даже при неодинаковом характере расслоения лучей кинескопа в верхней и нижней части экрана.

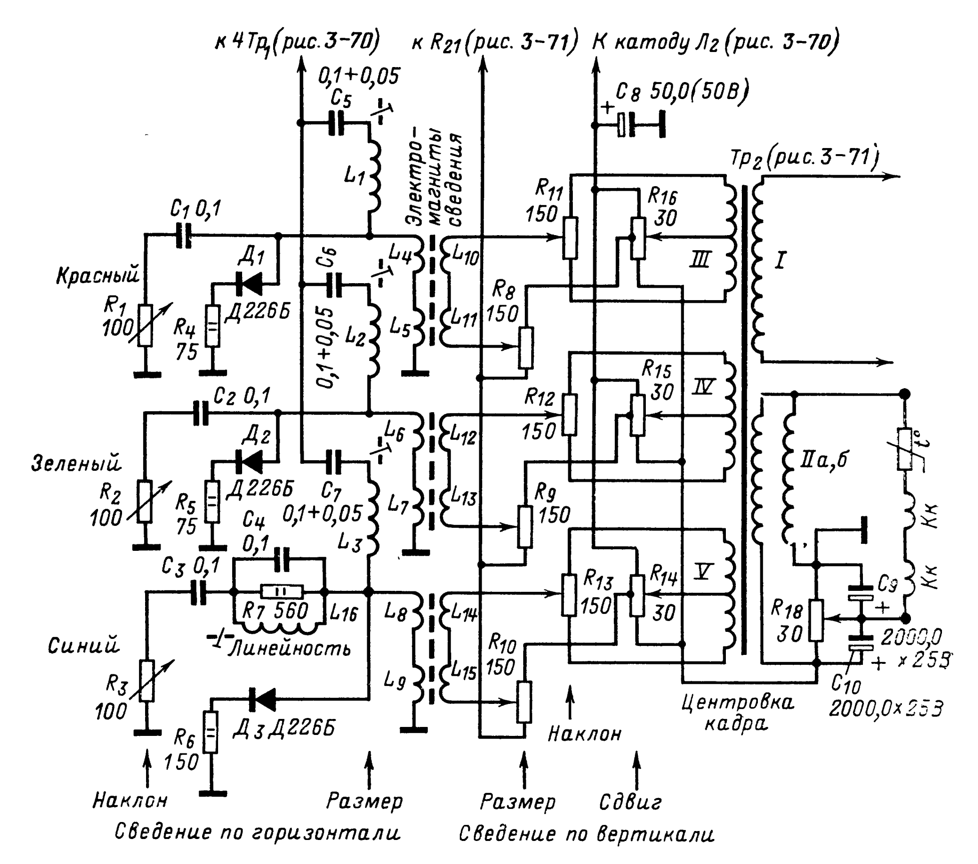


Рис. 3-73.

Статическое сведение лучей в схеме на рис. 3-73 осуществляет постоянная составляющая катодного тока лампы $Л_2$ оконечного каскада строчной развертки. Для этого постоянное напряжение, образованное на потенциометрах R_{14} — R_{16}, через обмотки III—V и потенциометры R_8 — R_{13} прикладывается к кадровым катушкам СС (L_{10} — L_{15}).

Постоянный ток, прошедший через потенциометры R_{14} — R_{16}, пропускается через потенциометр R_{18}, которым производится центровка изображения по вертикали.

В качестве катушек L_1 — L_3 можно использовать унифицированные РРС-70. Потенциометры R_{14} — R_{16} и R_{18} — от телевизоров КВН-49; R_1 — R_3 и R_8 — R_{13} — проволочные типа ППЗ или им подобные. Катушка L_{16} наматывается на каркасе диаметром 8 мм, содержит 180 витков ПЭВ 0,21 рядовой многослойной намотки и снабжена для подстройки сердечником 1500НН диаметром 4,5 мм и длиной 1,5 мм.

Схема коррекции подушкообразных искажений растра на экране кинескопа 59 ЛК3Ц осуществляет модуляцию пилообразных отклоняющих токов параболическими корректирующими токами в трансформаторе $Тр_1$ (рис 3-74). Для коррекции кривизны верхней и нижней кромок растра по обмоткам $Iа$ и $Iб$,

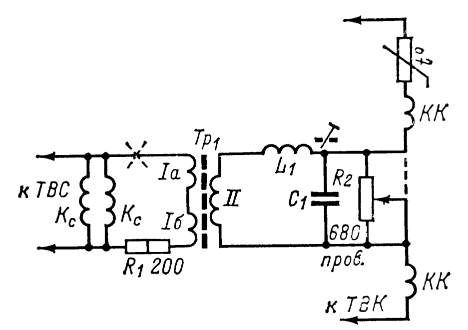


Рис. 3-74.

расположенным на крайних кернах Ш-образного ферритового сердечника $Тр_1$, пропускают ток отклонения строчной частоты. Образованные магнитные потоки в центральном

керне направлены навстречу друг другу (рис. 3-75). По обмотке *II*, расположенной на центральном керне и включенной в цепь кадровых катушек ОС, протекает кадровый

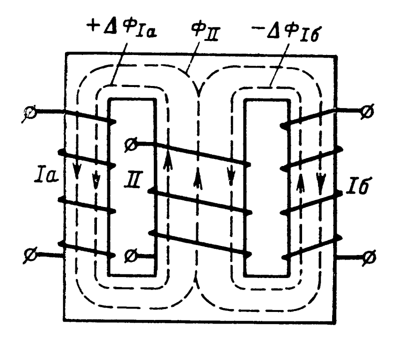


Рис. 3-75.

отклоняющий ток. Когда этот ток проходит через нулевое значение, потоки в центральном керне компенсируют друг друга. В зависимости от знака магнитного поля, создаваемого катушкой *II*, из-за нелинейности кривой намагничивания в центральном керне сердечника преобладает магнитный поток, создаваемый катушкой *Ia* или *Iб* В результате изменения этого магнитного потока по обмотке *II* и кадровым катушкам ОС протекает корректирующий ток строчной частоты. Изменяя величину индуктивности в колебательном контуре L_1C_1, можно подобрать нужную фазу этого тока, а потенциометром R_2 изменить его амплитуду и степень коррекции.

Коррекция кривизны боковых кромок растра осуществляется модуляцией строчного отклоняющего тока благодаря шунтирующему действию обмоток *Ia* и *Iб*, подключенных параллельно строчным катушкам ОС. Индуктивность этих обмоток изменяется из-за изменения магнитной проницаемости сердечника под влиянием тока кадровой частоты, текущего по обмотке *II*.

Трансформатор $Тр_1$ имеет сердечник Ш7×7 из феррита марки 2000НМ с зазором 0,01 мм; обмотки содержат: *Ia* и *Iб* — по 230 витков ПЭВ-2 0,12 рядовой намотки в три слоя; *II* — 40 витков ПЭВ-2 0,41, уложенных в два слоя. Катушка L_1 содержит 250 витков ПЭВ-2 0,47 рядовой намотки в шесть слоев на каркасе диаметром 8 мм и снабжена для подстройки сердечником 1500НМ3 диаметром 4,5 и длиной 17 мм. Потенциометр R_2 — проволочный типа ППЗ или ему подобный.

Яркостный канал

В любительском цветном телевизоре можно применить с небольшими переделками блоки приемников изображения и звука от черно-белых теливизоров. Например, при использовании блока приемников телевизора «Старт-3» (рис. 3-76) в его видеоусилитель нужно ввести дополнительный каскад, используя триод $Л_6$, который работал в каскаде УПЗ при приеме в ЧМ диапазоне. Нагрузкой дополнительного каскада является линия задержки $ЛЗ_1$, включаемая между имеющимися на печатной плате контактом *8*, соединенным с дросселем $Др_1$, и конденсатором C_2, соединенным с управляющей сеткой $Л_5$. Для умень-

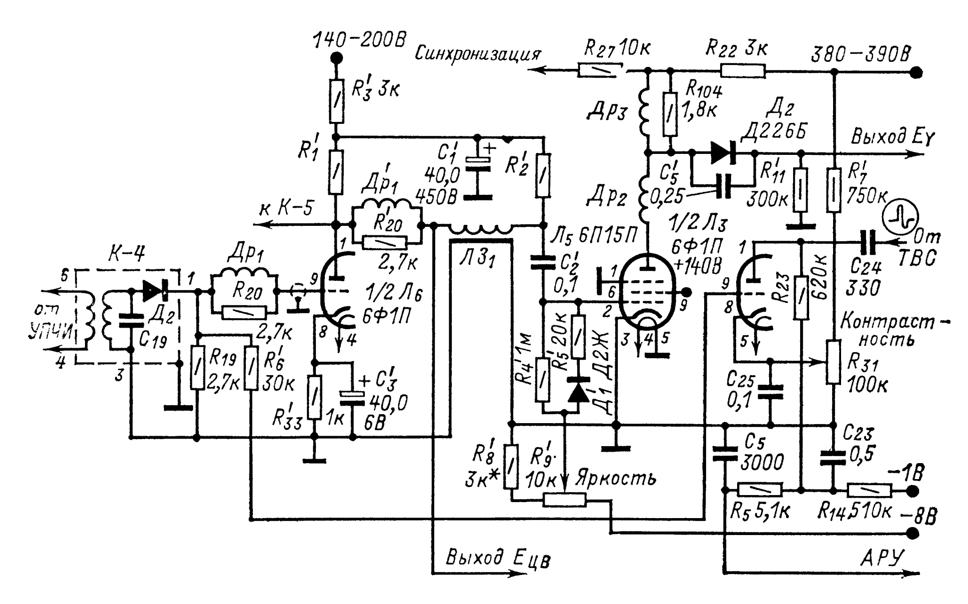


Рис. 3-76.

шения паразитной емкости, подключенной к линии задержки, надо разорвать фольгу около гнезда *2* панели $Л_5$, которая соединяла это гнездо с дросселем $Др_1$ и резистором.

Каскад на триоде $Л_6$ компенсирует затухание видеосигнала в линии задержки и усиливает сигнал ПЧЗ. Контур *К-5* в анодной цепи триода $Л_6$ отсасывает сигнал ПЧЗ и осуществляет его режекцию в канале яркости. На входе блока цветности имеется контур, настроенный на полосу частот цветовых поднесущих f_R и f_B и подключающийся до линии задержки (контакт *8*); он также осуществляет режекцию и очищает сигнал яркости от наложенных на него цветовых поднесущих.

В двухкаскадном видеоусилителе из-за наличия переходной цепи $C'_2R'_4$ происходит потеря постоянной составляющей усиливаемого сигнала; это приводит к неправильной передаче яркости темных участков и фона изображения и искажению цветовой насыщенности окрашенных участков изображения.

Диод $Д'_1$ служит для восстановления постоянной составляющей видеосигнала и осуществляет привязку уровня черного к вершинам синхроимпульсов. С анодной нагрузки лампы $Л_5$ постоянная составляющая передается на катоды кинескопа через открытый диод. $Д_2$. Резистор R'_{11} служит для ограничения максимального тока катодов кинескопа при возникновении неисправностей в усилителях цветоразностных сигналов, нагрузка которых гальванически связана с модуляторами кинескопа. Потенциометром R'_9 регулируется отрицательное напряжение на управляющей сетке $Л_5$, что приводит к изменениям анодного тока и падению напряжения на резисторе R_{22}. Это дает возможность регулировать напряжение на катодах кинескопа и общую яркость изображения. Для правильной работы АРУ сигнал на сетку триода $Л_3$ подан с нагрузки видеодетектора (R_{19}).

В схеме рис. 3-75 можно использовать линию задержки промышленного производства типа ЛЗЦТ-0,7/1500. При этом сопротивление резисторов R'_1 и R'_2 должно быть равно 1,5 кОм. Если в качестве линии применить отрезок кабеля задержки типа РКЗ-1201 длиной 35 см, то сопротивление резисторов R'_1 и R'_2 надо уменьшить до 1,2 кОм. Можно использовать кабель задержки РКЗ-401 длиной 110 см ($R'_1 = R'_2 = 430$ Ом) и кабель РКЗ-1601 длиной 60 см ($R'_1 = R'_2 = 1{,}6$ кОм).

Самодельная линия задержки с сосредоточенными постоянными (рис. 3-77, *а*) содержит 16 катушек индуктивности и 15 конденсаторов. Катушки наматывают на каркасе *1*, выточенном на токарном станке из эбонита или текстолита. Выводы катушек и конденсаторов припаивают к шпилькам из луженого провода *2*, вбитым в отверстия на каркасе между катушками. К толстому луженому проводу *3*, расположенному на расстоянии 20 мм, вдоль всего каркаса припаивают заземленные выводы конденсаторов *4* (рис. 3-77, *б*). Сопротивление резисторов R'_1 и R_2 (390—470 Ом) подбирают, добиваясь наиболее четкого изображения испытательной таблицы — без окантовок теней и повторных контуров около тонких вертикальных линий. Если задержка велика или мала, то цветные пятна на изображении сдвинутся относительно границ раскрашиваемых деталей вправо или влево. В этом случае надо верхний по схеме вывод конденсатора C'_2 подключать к отводам от последних секций линии и добиться совмещения цветных пятен и деталей изображения (рис. 3-76).

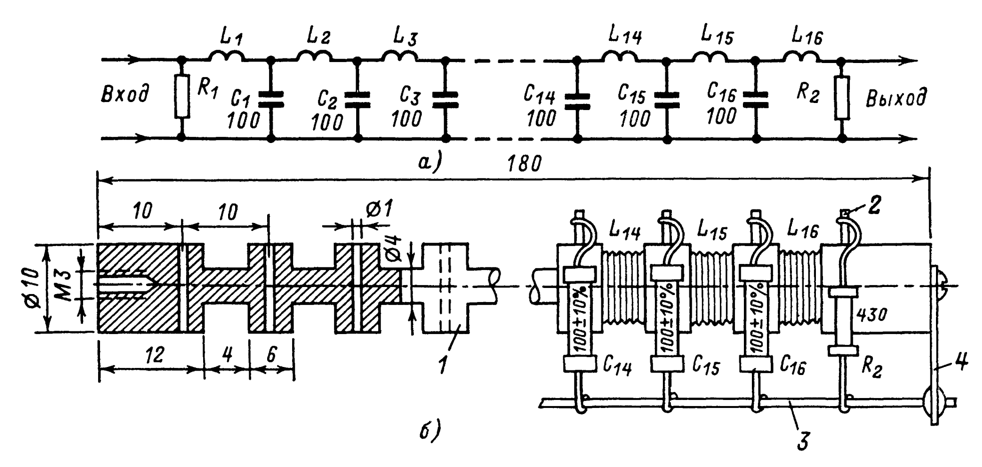


Рис. 3-77.

Блок цветности

Блок цветности можно выполнить без линии задержки и осуществить декодирование сигналов цветности без их запоминания. В этом случае красный и синий цвета будут

появляться на экране, чередуясь через строку, а все остальные образуются за счет пространственного смешивания цветов двух соседних строк и зрительной памяти глаза. Цветные детали будут раскрашиваться как бы вдвое более редкими штрихами. Уменьшение видимой цветовой насыщенности можно компенсировать увеличением модуляции лучей кинескопа. Более мелкие неокрашенные детали изображения будут воспроизводиться с полным числом строк развертки, и общая четкость по вертикали не уменьшится.

После декодирования сигналы E_{R-Y} и E_{B-Y} появляются поочередно: в течение одной строки на выходе матрицы образуется сигнал $E'_{G-Y} = -0{,}59\ E_{R-Y} + 0$, а в течение другой — $E''_{G-Y} = 0 + 0{,}19\ E_{B-Y}$. Эти сигналы и сигнал E'_Y поступают на модулятор и катод прожектора кинескопа, который в результате будет промодулирован сигналами E'_G и E''_G. В глазу благодаря зрительной памяти и эффекту пространственного смешения происходит сложение информации от этих сигналов $E'_G + E''_G = E_G$ и вся информация о зеленом цвете воспроизводится правильно.

Контур на входе блока, образованный элементами L_2C_3 и входной емкостью пентода $Л_1$ (рис. 3-78), вместе с контуром $L_3C_7C_8$ анодной цепи этой лампы формирует колоколообразную частотную характеристику каскада, необходимую для коррекции высокочастотных предыскажений (рис. 3-79). Усиленные полосовым усилителем (пентод $Л_1$) сигналы цветности через ограничитель с диодами $Д_4$, $Д_5$ и $Д_{13}$, $Д_{14}$ поступают на управляющие сетки пентодов $Л_2$ и $Л_5$, работающих в коммутируемых усилителях цветовых поднесущих.

Потенциометром R_{48} регулируется порог ограничения сигналов и цветовая насыщенность изображения. Потенциометром R_{44} дифференциально изменяется ограничение цветовых поднесущих и регулируется верность воспроизведения цветового изображения.

Кроме сигналов цветности на управляющие сетки пентодов $Л_2$ и $Л_5$ через конденсаторы C_{29} и C_{31} и резисторы R_{16} и R_{51} поступают коммутирующие импульсы от симметричного триггера на лампе $Л_3$. Перевод триггера из одного устойчивого состояния в другое осуществляется отрицательными импульсами обратного хода строчной развертки, которые поступают на сетки лампы $Л_3$ через конденсатор C_{27} и диоды $Д_{10}$ и $Д_{11}$ и запирают открытый триод. Изменяя емкость C_{27}, устанавливают амплитуду импульсов, поступающих на сетки $Л_3$, такой, чтобы обеспечить устойчивую работу триггера.

В анодные цепи пентодов $Л_2$ и $Л_5$ включены контуры частотных детекторов с диодами $Д_7$, $Д_8$ и $Д_{16}$, $Д_{17}$. Наклон характеристики (рис. 3-80) частотного детектора сигнала E_{R-Y} иной, чем у детектора сигнала E_{R-Y}. Это достигается обратным включением диодов $Д_7$ и $Д_8$.

Требуемая стабильность нулевых точек частотных детекторов обеспечивается применением в их контурах керамических конденсаторов C_{19} и C_{42} с отрицательными ТКЕ (красной окраски) и подстроечных конденсаторов КПКМ также с отрицательным ТКЕ. Дроссели $Др_3$ и $Др_4$ не пропускают на сетки триодов $Л_2$ и $Л_5$ сигналы поднесущих частот f_B и f_R.

Через резисторы R_{26}, R_{60}, R_{67} постоянная составляющая цветоразностных сигналов передается на модуляторы кинескопа. Для достижения требуемой при этом собственной стабильности усилителей в цепь катодов триодов $Л_2$ и $Л_5$, включены стабилитроны $Д_{19}$ и $Д_{20}$. Резисторы R_{25}, R_{64}, R_{65} матрицируют сигналы E'_{G-Y} и E''_{G-Y}, которые усиливаются правым по схеме триодом $Л_4$. Левый триод $Л_4$ используется в схеме гашения части строк, которые могут подсвечиваться импульсами опознавания, имеющими на аноде правого триода $Л_4$ положительную полярность.

С этой целью на сетку левого триода подаются импульсы обратного хода кадровой развертки, а его анод подключен к анодной нагрузке правого триода.

Положительный фронт импульсов усиливаемых цветоразностных сигналов формируется за счет заряда паразитной емкости нагрузки через резисторы R_{27} и R_{61}, а разряд — через внутренние сопротивления триодов $Л_2$ и $Л_5$. Чтобы повысить крутизну положительного фронта импульсов, в цепи отрицательной обратной связи в усилителях сигналов E_{B-Y} и E_{G-Y} включены диоды $Д_9$ и $Д_{18}$, которые меняют степень обратной связи для этого фронта.

Правильность фазы переключения триггера $Л_3$ контролируется схемой опознавания цвета, которая, кроме того, выключает канал цветности при приеме черно-белых передач. Биполярный импульс, сформированный цепью $C_{35}R_{42}R_9Д_2R_{10}$, из импульса обратного хода, снимаемого с первичной обмотки ТВК, поступает на сетку триода $Л_1$ и появляется в его анодной цепи (рис. 3-81, *а* и *б*). Первая полуволна этого импульса через цепь C_{26} и R_{28} осуществляет коррекцию фазы триггера (рис. 3-81, *б*, *е*), а вторая — через цепь $C_6Др_2$ поступает на управляющую сетку пентода $Л_1$ и отпирает его на время возможного появления сигнала опознования (рис. 3-81, *в*).

Напряжение, образующееся на конденсаторе C_6 за счет сеточных токов, запирает пентод $Л_1$ на время активной части полукадра.

При правильной фазировке триггера $Л_3$ на выходе усилителя сигналов E_{B-Y} (триод $Л_2$) появляются отрицательные импульсы опознования (рис. 3-81, *г*), которые через диод $Д_3$ заряжают конденсатор C_{11}. Отрицательное напряжение, полученное на конденсаторе C_{11} (рис. 3-81, *а*), запирает триод $Л_1$; биполярный импульс в его анодной цепи и напряжение на конденсаторе C_6 исчезают. В итоге пентод $Л_1$ отпирается и нормально усиливает сигналы цветности.

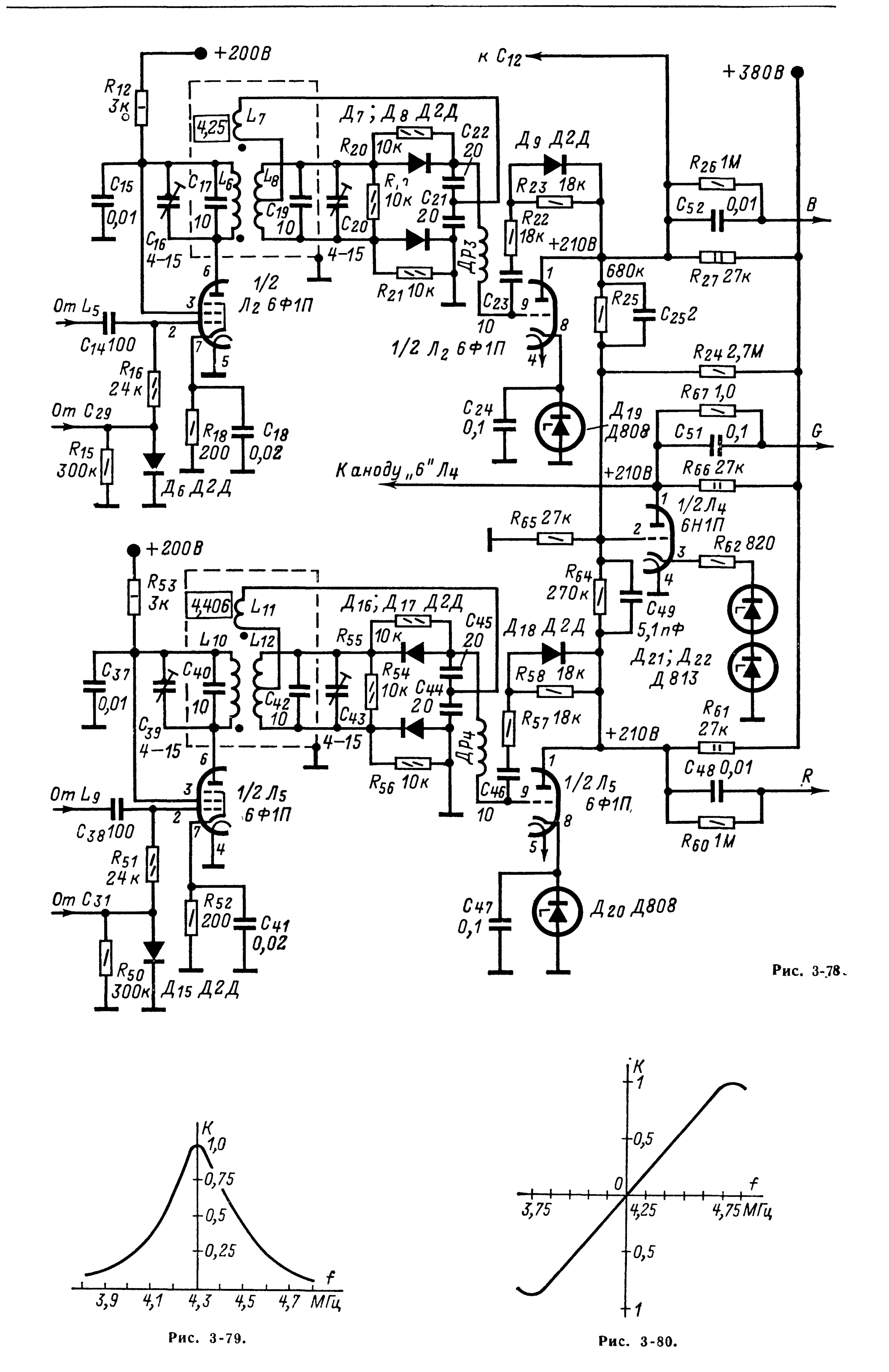


Рис. 3-78.

Рис. 3-79.

Рис. 3-80.

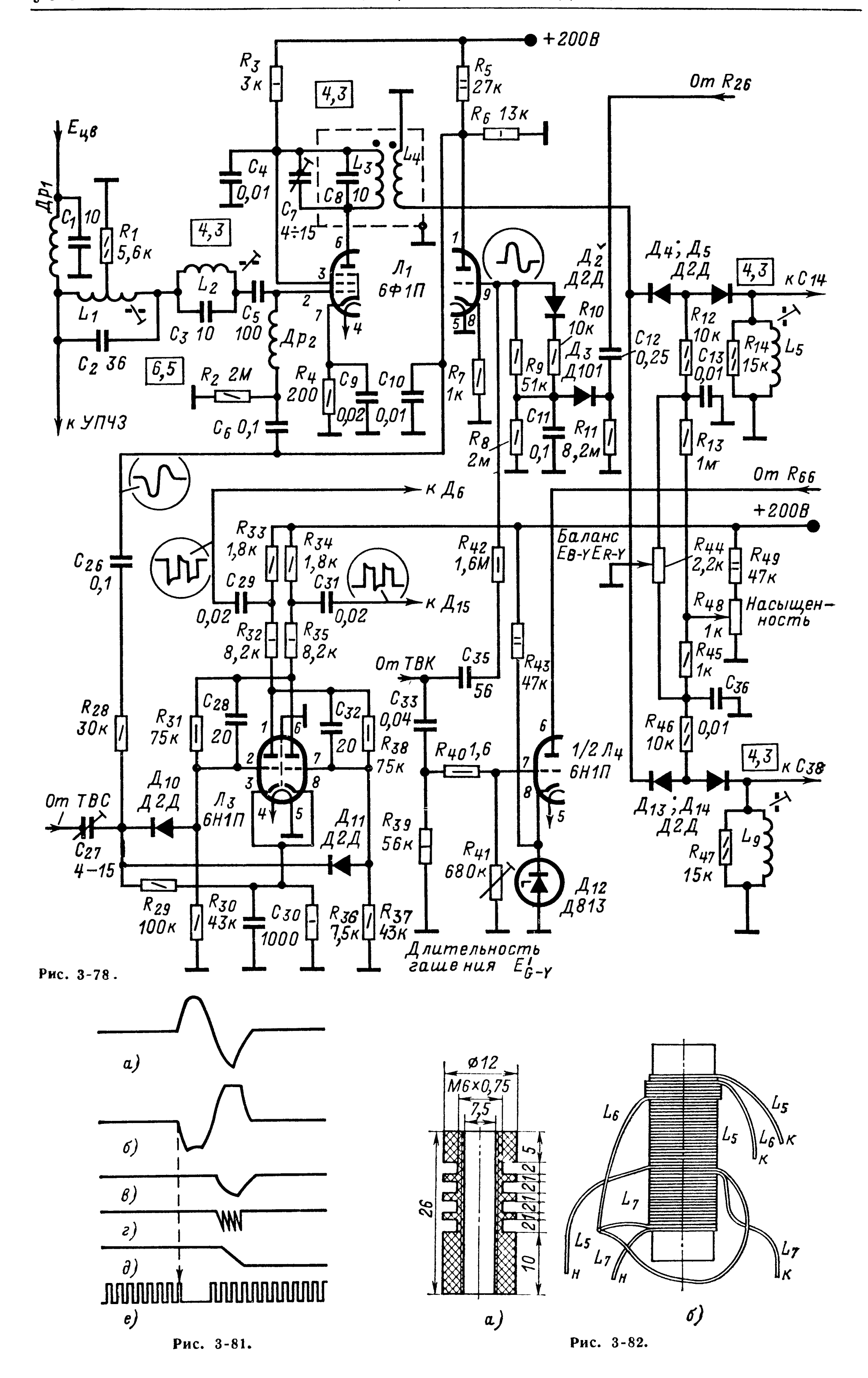


Рис. 3-78.

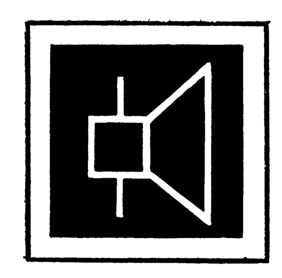
Рис. 3-81.

Рис. 3-82.

При неправильной фазировке триггера $Л_3$ импульсы опознавания на выходе усилителя сигналов E_{B-Y} изменяют свою полярность, напряжение на конденсаторе C_{11} исчезает и появившаяся в анодной цепи триода $Л_1$ первая полуволна биполярного импульса осуществит коррекцию фазы (рис. 3-81, *б*, *е*).

Катушки L_3, L_4, L_6— L_8 и L_{10}—L_{11} наматывают в одну сторону виток к витку проводом ПЭЛШО 0,1 на каркасах контура частотного детектора телевизора КВН-49; L_3 и L_4 содержат по 80 витков, намотанных в два провода, полуобмотки катушек L_8 и L_{12} наматывают в два провода и соединяют последовательно (рис. 3-82, *б*). Катушки L_2, L_5, L_9, снабженные карбонильными сердечниками, и дроссели $Др_2$—$Др_4$ наматывают проводом ПЭЛШО 0,1 на секционированных каркасах (рис. 3-82, *а*); $L_2L_5L_9$ содержат 4 секции по 27 витков; $Др_2$—$Др_4$ — 4 × 120 витков.

Полуобмотки катушки L_1 наматывают проводом ПЭЛШО 0,1 в два провода на каркасе от телевизора «Рубин» и соединяют последовательно.



ЭЛЕКТРОАКУСТИЧЕСКОЕ ЗВУКОВОСПРОИЗВЕДЕНИЕ

РАЗДЕЛ 4

СОДЕРЖАНИЕ

4-1. ОСНОВНЫЕ СВЕДЕНИЯ

Классы качества звуковоспроизведения

Понятия качество звуковоспроизведения и естественность звучания связаны с явлениями, называемыми помехами и искажениями. Не все слушатели реагируют на дефекты звуковоспроизведения одинаково, поэтому, слушая какую-либо программу, одни отметят наличие искажений и помех, а для других они останутся незамеченными. Вместе с тем нередко мы согласны пользоваться относительно несложной, недорогой аппаратурой, примиряясь с тем, что звуковоспроизведение несколько отличается от «естественного». По этим причинам имеется несколько классов качества звуковоспроизведения и соответствующее число классов радиовещательных приемников, магнитофонов и электрофонов.

Ниже под понятием «радиовещательный приемник» (будем писать сокращенно «РВ приемник») имеются в виду также комбинированные устройства: радиолы, магнитолы, телерадиолы и т. п.

Для каждого класса звуковоспроизведения методами статистики установлены указанные ниже показатели.

Класс высший. Этому классу соответствует звучание, при котором искажения и помехи «практически незаметны» высококвалифицированным экспертам (музыкантам, звукорежиссерам и др.) и «совершенно незаметны» остальным слушателям, специально приглашенным в качестве экспертов для участия в опытах по оценке качества звучания. Такие оценки дают, когда дефекты не замечают 75—85% специалистов и около 90% остальных слушателей. Это означает, что если слушатели не будут заранее «настроены» на то, что звуковоспроизведение может быть несколько искажено и сопровождаться помехами, они не заметят дефектов звуковоспроизведения.

Звуковоспроизведение по классу «высший» можно получить при приеме радиовещания и звукового сопровождения телевидения на УКВ с ЧМ. Передатчики этих программ имеют рабочий диапазон модулирующих частот 30—15 000 Гц при неравномерности частотной характеристики не более 3 дБ и к. н. и. не более 2%. С помощью магнитофона можно получить воспроизведение записей с качеством по классу «высший» при скорости ленты не менее 19,05 см/с.

Класс I. При непосредственном сравнении звуковоспроизведения по классу I с воспроиз-

ведением по классу «высший» различие в качестве звучания замечают примерно 20—25% «рядовых» слушателей и около половины профессионально натренированных экспертов.

Программы с качеством по классу I передают радиовещательные станции, работающие в диапазонах ДВ, СВ и КВ с АМ. Их рабочий диапазон звуковых частот составляет 50—10 000 Гц при неравномерности частотной характеристики не более 3,5 дБ и к. н. и. не более 5% (в диапазоне частот 100—4 000 Гц не более 2,5%).

Воспроизведение магнитофонных записей с качеством по классу I можно получить при скорости ленты не менее 9,53 см/с.

Класс II. Звуковоспроизведение с качеством по классу II таково, что при непосредственном сравнении его с воспроизведением по классу «высший» различие замечают примерно половина «рядовых» слушателей и три четверти профессионально натренированных экспертов.

Классу II удовлетворяет радиотрансляционный тракт, состоящий из станционного усилительного оборудования радиоузла, распределительной фидерной и абонентской линии (без громкоговорителей). Следовательно, передачу, получаемую по радиотрансляционной сети, можно записать с качеством по классу II на магнитофон, класс которого не ниже второго. При этом скорость ленты должна быть не менее 9,53 см/с.

Класс III. При непосредственном сравнении звуковоспроизведения с качеством по классу III с воспроизведением по высшему классу искажения и помехи замечают приблизительно три четверти всех слушателей. Звучание с качеством по классу III обычно получается при слушании передач на простые, недорогие радиоприемники, на малогабаритные громкоговорители массового типа по радиотрансляционной сети и при воспроизведении магнитофонных записей при скорости движения ленты 4,76 см/с.

Основные параметры звуковоспроизводящей аппаратуры

Качество звуковоспроизведения по тому или иному классу достигается в различных системах различными техническими средствами. Если качество воспроизведения передач РВ приемниками в значительной мере определяется параметрами примененных в них громкоговорителей, усилителей НЧ и уровнем фона, создаваемого источниками питания, то в обеспечении требуемого качества воспроизведения звукозаписи существенное значение имеют скорость и равномерность вращения граммофонного диска или движения магнитной ленты, величина помехи, проникающей с соседней звуковой дорожки, и другие факторы. При телевизионном приеме на качество звукового сопровождения влияют помехи от цепей развертки и сигнала изображения.

При этом аппаратура данного класса не всегда обеспечивает звуковоспроизведение с качеством по такому же классу. Так, например, хотя РВ станции, работающие в диапазонах ДВ, СВ и КВ, и передают программы с качеством по классу I, необходимость иметь высокую избирательность при радиоприеме, особенно при наличии помех, приводит к тому, что сигналы звуковых частот выше 6 000 Гц воспроизводят существенно ослабленными даже радиолы классов «высший» и I. Такие приемники могут обеспечить звуковоспроизведение радиопрограммы всех видов с качеством, соответствующим своему классу, только при приеме на УКВ с ЧМ.

В табл. 4-1 указаны значения общих для РВ приемников, телевизоров, магнитофонов и электрофонов параметров, при которых может быть достигнуто качество звуковоспроизведения, соответствующее различным классам (при условии, что качество радиопередачи или звукозаписи не ниже по классу).

Рабочий диапазон звуковых частот — один из основных показателей, по которому звуковоспроизводящее устройство относят к тому или иному классу. Чем выше класс аппаратуры, тем шире должен быть этот диапазон. Аппаратура в напольном (мебельном) оформлении может быть сконструирована с расчетом на воспроизведение более низких частот, поскольку ее акустическая система может иметь больший объем (см. § 4-6). Вместе с тем нижние границы рабочих диапазонов частот переносной аппаратуры вследствие ограниченности ее объема вынужденно повышаются.

Ширина рабочего диапазона звуковых частот определяется частотной характеристикой (кривой верности) звуковоспроизводящего устройства по звуковому давлению (см § 4-5), создаваемому его акустической системой. При приеме радиовещания и звукового сопровождения телевизионных программ неравномерность частотной характеристики с антенного входа приемного устройства в пределах указанного в таблице номинального рабочего диапазона частот, соответствующего данному классу аппаратуры, должна быть не более 14 дБ; при приеме на частотах ниже 250 кГц ($\lambda > 1\ 200$ м) допускается неравномерность частотной характеристики по звуковому давлению до 18 дБ.

Неравномерность частотной характеристики по звуковому давлению со входа УНЧ радиовещательного приемника или электрофона (этот параметр имеет значение при воспроизведении грамзаписей), а также со входа усилителя мощности магнитофона согласно ГОСТ не должна выходить за пределы 14 дБ в пределах номинальных рабочих диапазонов аппаратуры соответствующих классов.

Частотные характеристики УНЧ. Чтобы получить требуемые характеристики по звуковому давлению РВ приемников, телевизоров и электрофонов, частотные характеристики их УНЧ, показывающие зависимость выходного напряжения от частоты при неизменном напряжении на входе и средних положениях регуляторов громкости, должны иметь неравномерность в рабочих диапазонах частот не более 2—3 дБ. Об особенностях частотных характеристик усилителей магнитофонов см. § 5-2.

Таблица 4-1

Электроакустические параметры звуковоспроизводящей аппаратуры

Наименование параметра [1]	Вид аппаратуры	Класс аппаратуры: Высший	I	II	III	IV
Номинальный рабочий диапазон частот по звуковому давлению, создаваемому акустической системой не ўже [2], Гц	Непереносные РВ приемники на УКВ [3], непереносные ТВ приемники, электрофоны	(40) 63—15 000	(63) 80—12 000	80 (100)—10 000	150—7 100	—
	Переносные РВ приемники на УКВ	—	150—12 000	200—10 000	300—7 100	—
	Непереносные РВ приемники на КВ, СВ, ДВ	(40) 63—6 000	(63) 80—4 000	(80) 100—4 000	150—3 500	200—3 000 [9]
	Переносные РВ приемники на КВ, СВ, ДВ	—	150—4 000	200—4 000	300—3 500	450—3 000 [9]
	Магнитофоны бытовые со входа усилителя мощности: непереносные	—	40—16 000	80—10 000	—	—
	переносные	—	80—12 500	125—7 100	160—6 300	—
	носимые	—	—	160—6 300	200—5 000	315—4 000
Номинальный рабочий диапазон частот по электрическому напряжению на линейном выходе не ўже, дБ	Магнитофоны бытовые: канал запись — воспроизведение при скоростях движения ленты: 19,05 см/с	—	40—18 000	40—16 000	—	—
	9,53 см/с	—	40—14 000	63—12 500	63—12 500	—
	4,76 см/с	—	63—8 000	63—6 300	—	—
Номинальное среднее звуковое давление на расстоянии 1 м не менее [2], Па	Непереносные РВ приемники, электрофоны	1,0	0,8	0,6	0,45	0,35
	Магнитофоны с питанием от сети	—	1,0	0,8	0,6	—
		0,6	0,4	0,3	0,25	0,2
	Непереносные РВ приемники и электрофоны с автономным питанием	—	(1,0) 0,6	(0,8) 0,4	0,2	—
	Непереносные ТВ приемники	—	0,4	0,25	0,23	0,1
	Переносные РВ приемники	—	—	0,6	0,45	0,25
	Магнитофоны с автономным питанием					

Продолжение табл. 4-1

Наименование параметра [1]	Вид аппаратуры	Класс аппаратуры				
		Высший	I	II	III	IV
Диапазон ручного регулирования громкости не менее, дБ	РВ и ТВ приемники, магнитофоны бытовые, электрофоны	60 [4]	50 [5]	50 [5]	40 [5]	40 [5]
Пределы регулирования тембра на низшей частоте рабочего диапазона не менее, дБ	Непереносные ТВ приемники	—	± 10	Регулирование не обязательно		
	Магнитофоны бытовые	+12 —10	+8 —10	Регулирование не обязательно		
Пределы регулирования тембра на высшей частоте рабочего диапазона не менее, дБ	Непереносные ТВ приемники	—	± 10	—6	Регулирование не обязательно	
	Магнитофоны бытовые	+12 —10	+6 —10	—10	—10	—10
Коэффициент нелинейных искажений на частотах 200 ÷ 400 Гц не более [6], %	РВ приемники, ТВ приемники, электрофоны; магнитофоны с питанием от сети	4	5	5	7	10 [10]
	Магнитофоны бытовые с автономным питанием	—	—	7	Не нормируется	
Коэффициент нелинейных искажений на частотах выше 400 Гц не более [6], %	РВ приемники, непереносные ТВ приемники, электрофоны; магнитофоны с питанием от сети	3	4	4	5	7 [10]
	Магнитофоны бытовые с автономным питанием	—	—	5	7	Не нормируется

Продолжение табл. 4-1

Наименование параметра[1]	Вид аппаратуры		Класс аппаратуры: Высший	I	II	III	IV
Относительный уровень фона не более, дБ	РВ приемники[7]		—60 (—54)	—50 (—44)	—46 (—40)	—36 (—30)	—36 (—30)
	Электрофоны		—60	—54	—46	—40	—
Относительный уровень помех в канале звука от цепей питания, разверток и сигнала изображения не более, дБ	Непереносные ТВ приемники		—	—40	—40	—30	—
Относительный уровень помех в канале воспроизведения[8], дБ	Магнитофоны бытовые:	с записью на две дорожки	—	—52 (—48)	—48 (—45)	—45 (—42)	—43 (—40)
		с записью на четыре дорожки	—	—48 (—45)	—44 (—42)	—42 (—39)	—40 (—37)

[1] Параметры, относящиеся к РВ приемникам, даны по ГОСТ 5651-64, к бытовым магнитофонам — по ГОСТ 12392-71, к электрофонам — по ГОСТ 11157-65. Для стереофонической аппаратуры это параметры каждого канала. Параметры, указанные для аппаратуры с автономным питанием, относятся также к аппаратуре с универсальным питанием.

ГОСТы не предусматривают РВ приемники с УКВ диапазоном, магнитофоны с питанием от сети и электрофоны с параметрами по классу IV; ТВ приемники изготовляются только по классам I, II и III, магнитофоны по классам I—IV.

[2] В скобках указаны параметры аппаратуры в напольном оформлении.

[3] Такие же частотные характеристики по звуковому давлению должны иметь усилители НЧ совместно со звуковыми агрегатами (громкоговорителями), входящие в состав РВ приемников.

[4] Диапазон регулирования уровня для каналов записи и воспроизведения магнитофонов класса I не менее 60 дБ.

[5] Для магнитофонов с автономным питанием и электрофонов класса II допускается минус 40 дБ; для РВ приемников и магнитофонов классов III и IV с автономным питанием допускается минус 30 дБ

[6] Указанные значения к. н. и. при радиоприеме соответствуют глубине модуляции 0,5; при глубине модуляции 0,8 допускаются в 1,5 раза большие значения к. н. и.

[7] Перед скобками — допускаемые уровни фона по электрическому напряжению при измерении со входа усилителя НЧ приемника, в скобках — с антенного входа.

[8] В скобках указаны допускаемые уровни помех в канале запись + воспроизведение.

[9] Номинальный диапазон рабочих частот по звуковому давлению усилителя НЧ совместно с громкоговорителем, входящими в состав приемника, не уже 200—6 000 Гц.

[10] Для магнитофонов класса IVA не нормируется.

Регулирование тембра. Качество звуковоспроизведения зачастую субъективно улучшается, если увеличить или уменьшить усиление на верхних или нижних частотах рабочего диапазона по сравнению со средними частотами. Например, в комнате, сильно заглушенной драпировками, коврами, мягкой мебелью, звучание кажется многим приятнее, если верхние частоты звуковые усилены больше, чем средние и нижние Вместе с тем одним слушателям больше нравится звуковоспроизведение с пониженным тембром (выделяется звучание басов), а другим с более высоким тембром (звучание басов ослаблено). Речь звучит более четко, когда диапазон рабочих частот ограничен снизу частотой 300—400 Гц. При помехах радиоприему ограничение рабочего диапазона со стороны верхних звуковых частот субъективно улучшает качество звуковоспроизведения.

Изменения относительной громкости воспроизведения различных частей рабочего диапазона звуковых частот (изменение тембра) осуществляют изменением частотной характеристики УНЧ с помощью регуляторов тембра.

В аппаратуре классов «высший» и I применяют раздельные регуляторы тембра на нижних и верхних частотах, с помощью которых можно как увеличивать, так и уменьшать усиление на этих частотах в пределах, указанных в табл. 4-1. В аппаратуре классов II и III обычно применяют регуляторы тембра, дающие возможность только уменьшать усиление верхних частот.

Входные параметры УНЧ имеют большое значение в обеспечении должного качества звуковоспроизведения. Основными входными параметрами усилителя НЧ являются: полное входное сопротивление в рабочем диапазоне частот $z_{вх}$ и номинальное входное напряжение $U_{вх}$, т. е. действующее значение напряжения на входе УНЧ, при котором получается номинальная выходная мощность $P_{вых}$ (для магнитофона нормальный уровень записи).

Параметры входа УНЧ при работе от пьезоэлектрического звукоснимателя Для РВ приемника, электрофона и магнитофона (транзисторного или лампового) установлены стандартные параметры: $z_{вх} \geqslant 500$ кОм, $U_{вх} \leqslant 250$ мВ. Параметр $U_{вх}$ называют также чувствительностью тракта усиления НЧ с гнезд звукоснимателя.

Параметры входа УНЧ при работе от детектора радиоприемника. В ламповых РВ приемниках НЧ сигнал с выхода детектора подается, как правило, на тот же вход усилителя НЧ, что и сигнал со звукоснимателя; следовательно, требуемое значение $P_{вых}$ получается при выходном НЧ напряжении детектора $U_{вых} = 250$ мВ (или менее). При работе от детектора усилители НЧ транзисторных приемников обычно имеют $z_{вх} = 5 \div 10$ кОм и $U_{вх} = 5 \div 30$ мВ.

Параметры микрофонного входа (в частности, в магнитофоне). Стандартное сопротивление нагрузки динамического микрофона при его включении без трансформатора равно 250 Ом. Такого же порядка выбирают и величину $z_{вх}$ для микрофонного входа транзисторного УНЧ. К ламповому усилителю микрофон подключается обычно через повышающий трансформатор; в этом случае $z_{вх}$ микрофонного входа имеет величину 0,5—1 МОм. За величину $U_{вх}$ принимают значение напряжения, развиваемого микрофоном выбранного типа при воздействии на него звукового давления 0,2 Па на частоте 400—1 000 Гц. Чувствительность применяемых при любительской звукозаписи микрофонов (микрофоны класса II А) лежит в пределах 0,5—1 мВ.

Параметры входа усилителя магнитофона при записи от приемника. ГОСТ 12392-71 устанавливает, что для такого входа в рабочем диапазоне частот должно быть $z_{вх} \geqslant 25$ кОм, а номинальное входное напряжение на частоте 400 Гц должно быть 10—30 мВ на 1 кОм входного сопротивления.

Параметры входа усилителя магнитофона при записи с радиотрансляционной линии должны иметь следующие значения: $z_{вх} = 10$ кОм, $U_{вх} = 10—30$ В.

Параметры входа усилителя магнитофона при работе от воспроизводящей головки. При расчете параметров усилителя магнитофона в режиме воспроизведения за величину $U_{вх}$ принимают напряжение, развиваемое магнитной головкой; для типовых головок заводского изготовления величина этого напряжения составляет 1—2 мВ.

Типовые схемы подключения источников сигналов к входам УНЧ радиоприемников, радиол, электрофонов и магнитофонов через стандартные низкочастотные штепсельные разъемы показаны на рис. 4-1; верхний ряд схем относится к монофоническим и нижний — к стереофоническим звуковоспроизводящим устройствам (*Л* и *П* обозначают электрические цепи левого и правого каналов). Низкоомные симметричные микрофоны (рис. 4-1, *б*) подключаются без трансформаторов, а высокоомные несимметричные микрофоны (рис. 4-1, *в*) должны подключаться через согласующие трансформаторы. Схема на рис. 4-1, *г* относится только к магнитофонам, а схема на рис. 4-1, *д* — к электрофонам и магнитофонам. На рис. 4-1, *е* показаны схемы розеток, устанавливаемых на радиоприемниках, радиолах и телевизорах; через эти розетки подается сигнал на вход УНЧ от звукоснимателя, а также снимается сигнал для записи на магнитофон.

Стандартные параметры линейного выхода усилителя магнитофона. Согласно ГОСТ на бытовые магнитофоны полное выходное сопротивление усилителя магнитофона в рабочем диапазоне частот должно быть не более 10 кОм, а действующее значение напряжения на выходе, соответствующее максимальной выходной мощности канала воспроизведения, должно быть в пределах 250—500 мВ.

Диапазон ручного регулирования громкости звуковоспроизводящей аппаратуры должен быть тем шире, чем выше ее класс, поскольку если акустическая система способна развить большее звуковое давление, то может встретиться необходимость снижать уровень

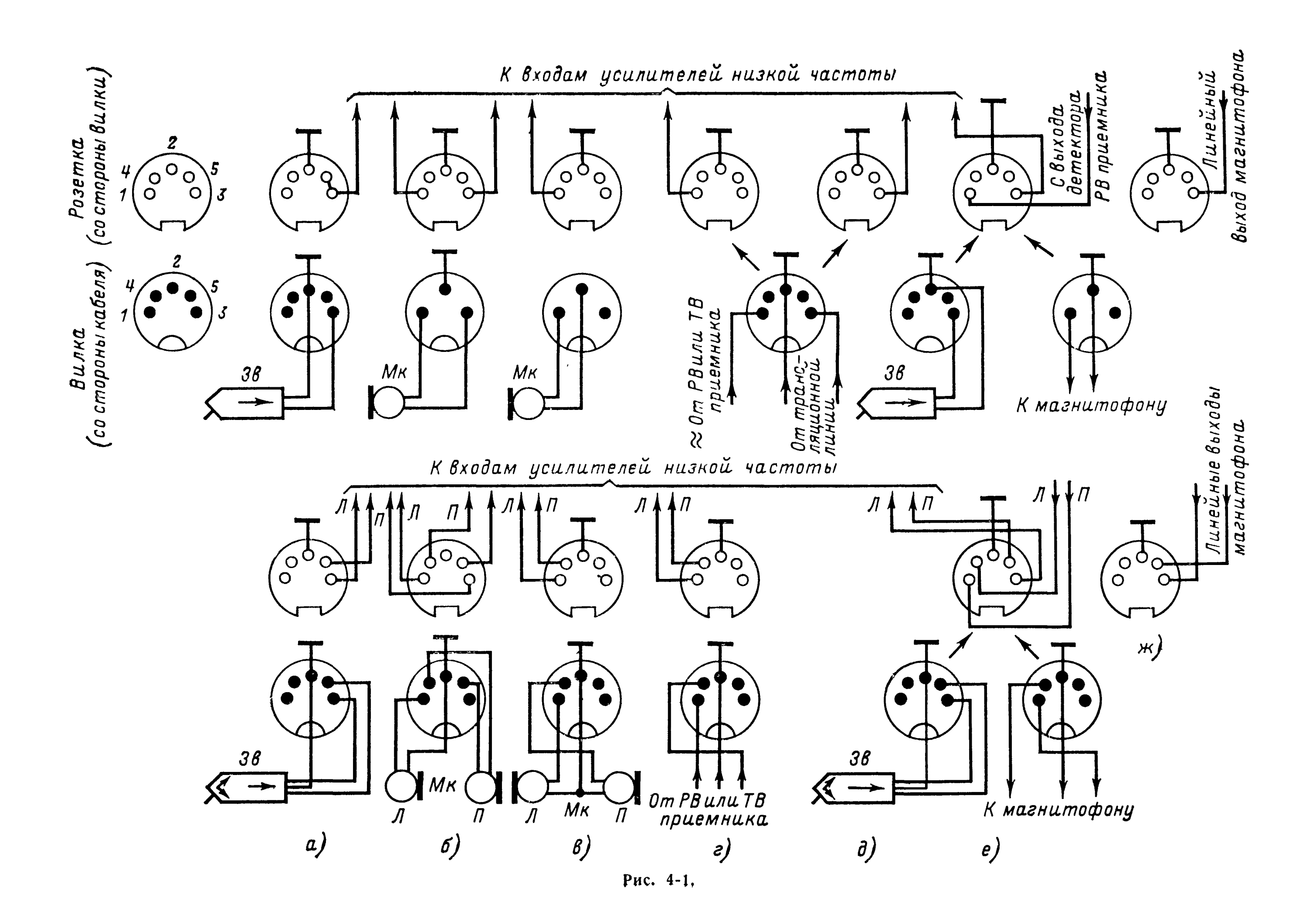

Розетка (со стороны вилки)
Вилка (со стороны кабеля)
К входам усилителей низкой частоты
С выхода детектора РВ приемника
Линейный выход магнитофона
Зв
Мк
≈ От РВ или ТВ приемника
От трансляционной линии
К магнитофону
Линейные выходы магнитофона
Л
П
От РВ или ТВ приемника
а)
б)
в)
г)
д)
е)
ж)

Рис. 4-1.

громкости на относительно бóльшую величину.

Плавное регулирование громкости как при больших, так и при малых уровнях сигнала получают, применяя переменные резисторы с обратно-логарифмической функциональной характеристикой (вид В — рис. 10-27).

Конструируя аппаратуру для высококачественного звуковоспроизведения, учитывают, что при уменьшении уровня громкости слушатель ощущает непропорциональное ослабление низкочастотных составляющих — тембр звучания повышается. В связи с этим одним из условий сохранения качества звуковоспроизведения как с большой, так и с малой громкостью является применение в УНЧ тонкомпенсированных регуляторов громкости, отличающихся тем, что при увеличении (уменьшении) с их помощью среднего уровня напряжения на выходе УНЧ нижнечастотные составляющие этого напряжения увеличиваются (уменьшаются) в меньшей степени, чем среднечастотные и верхнечастотные. Такие регуляторы должны обеспечивать следующие соотношения между напряжениями различных частот на выходе: при уменьшении составляющей напряжения с частотой 1 000 Гц на 20 дБ по сравнению с напряжением этой частоты, при котором получается звуковое давление со средней величиной 0,2 Па, составляющая с частотой 100 Гц должна ослабляться на 9—13 дБ, а при уменьшении уровня составляющей с частотой 1 000 Гц на 40 дБ составляющяя с частотой 100 Гц должна ослабляться на 20—24 дБ. На частотах выше 1 000 Гц частотная характеристика УНЧ при регулировании громкости не должна изменяться.

Тонкомпенсированное регулирование громкости осуществляют с помощью переменных резисторов с отводами, к которым подключают RC-цепочки согласно схеме на

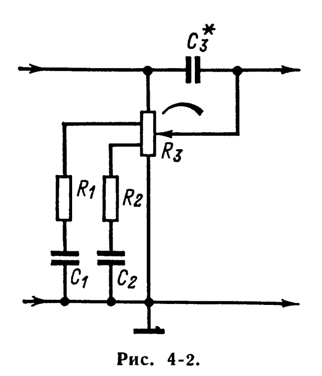


Рис. 4-2.

рис. 4-2. В ламповых устройствах регуляторы громкости чаще всего включают на входе УНЧ, при этом сопротивления резисторов и емкости конденсаторов должны иметь следующие величины при использовании переменного резистора типа ВКУ-2а, ВКУ-2б или СП3-7 сопротивлением 470 кОм: $R_1 = 10$ кОм, $R_2 = 2{,}7$ кОм, $C_1 = 0{,}01$ мкФ, $C_2 = 0{,}047$ мкФ, $C_3 \approx 22 \div 43$ пФ. В транзисторных схемах регулятор громкости включают либо на входе, либо между каскадами; в этом случае при использовании переменного резистора сопротивлением 100 кОм компоненты схемы должны иметь следующие параметры: $R_1 = 3{,}3$ кОм, $R_2 = 2{,}2$ кОм, $C_1 = 0{,}05$ мкФ, $C_2 = 0{,}1$ мкФ, $C_3 \approx 100 \div 180$ пФ.

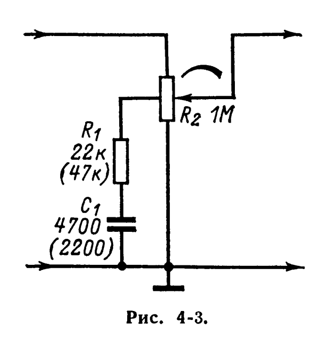


Рис. 4-3.

На рис. 4-3 показана упрощенная схема тонкомпенсированного регулятора громкости, в котором применяется переменный резистор ВКУ-1а или ВКУ-1б.

Номинальное среднее звуковое давление. Величина звукового давления, развиваемого акустической системой звуковоспроизводящей аппаратуры (см. § 4-6), должна быть тем больше, чем выше класс аппаратуры. Это определяется тем, что с увеличением «резерва» акустической системы по величине звукового давления уменьшается вероятность возникновения заметных нелинейных искажений при воспроизведении громких звуков, например при передаче симфонического оркестра.

Допустимые нелинейные искажения. Всякий тракт усиления и звуковоспроизведения содержит нелинейные элементы. Громкоговоритель (см. § 4-5) тоже является нелинейной системой: создаваемое им звуковое давление непропорционально подводимому к нему электрическому напряжению. Вследствие этого излучаемый акустической системой звук содержит составляющие с частотами, которых нет в составе сигнала, поступающего на вход канала — возникают нелинейные искажения. Их величину принято оценивать с помощью коэффициента нелинейных (гармонических) искажений (к. н. и.), который представляет собой отношение среднеквадратичной величины звукового давления, создаваемого возникшими дополнительными частотами, кратными основной частоте (гармониками), к среднеквадратичной величине звукового давления, создаваемого синусоидальным колебанием основной частоты совместно с гармониками.

Для звуковоспроизводящей аппаратуры различных классов при $P_{вых}$, соответствующей номинальному звуковому давлению, допускаются к. н. и. не более указанных в табл. 4-1.

Допустимый фон и помехи. Чем выше класс звуковоспроизводящего устройства, тем меньше должен быть относительный уровень фона на его выходе. Последняя величина определяется как отношение напряжения с частотой питающего переменного тока и с кратными частотами на выходе усилителя к напряжению полезного сигнала, соответствующего номинальному значению $P_{вых}$ (см. табл. 4-1).

Параметры стереофонических систем. Если система передачи-приема или звукозаписи-звуковоспроизведения является одноканальной (монофонической), то даже аппаратура с параметрами, соответствующими высшему классу, не даст «натурального» звучания в том смысле, что в звуковоспроизведении не будет «акустической перспективы» — слушатели будут чувствовать, что звук излучает небольшая поверхность. Отсутствие «акустической перспективы» особенно заметно при воспроизведении звучания симфонического оркестра, хора и т. п.

С помощью применяемой в настоящее время двухканальной стереофонической системы получают весьма близкую к естественной акустическую перспективу звуковоспроизведения.

К двухканальной стереофонической аппаратуре предъявляются дополнительные требования, важнейшими из которых являются:

1) различие в усилении обоих каналов усиления НЧ при всех положениях регуляторов громкости не должно превышать 2—3 дБ;

2) частотные характеристики каналов при всех положениях регуляторов тембра на каждой данной частоте не должны отличаться более чем на 2—3 дБ;

3) уровень сигнала, проникшего из одного канала в другой, должен быть ниже уровня полезного сигнала в данном канале не менее чем на 30—40 дБ.

4-2. УСИЛИТЕЛИ НЧ НА ЭЛЕКТРОННЫХ ЛАМПАХ

Выбор схемы

На электронных лампах целесообразно конструировать усилители НЧ для стационарной аппаратуры с питанием от электросети. Минимальные необходимые номинальные выходные мощности $P_{вых}$ и количества каскадов УНЧ аппаратуры различного назначения и различных классов указаны в табл. 4-2.

Каскады предварительного усиления

Для резистивных каскадов предварительного усиления УНЧ по схемам, приведенным на рис. 4-4, *а* и *б*, в табл. 4-3 и 4-4 указаны средние значения коэффициента усиления по напряжению при сопротивлении в цепи управляющей сетки лампы следующего каскада, по крайней мере в 2 раза большем сопротивления $R_а$ предыдущего каскада: K_U при наличии конденсатора $C_к$, шунтирующего резистор автоматического смещения $R_к$ и K_U^* — в отсутствие этого конденсатора. Вследствие разброса параметров ламп и сопротивлений резисторов фактические значения K_U могут отличаться от указанных в таблице на $\pm 25\%$, а K_U^* обычно не более чем на $\pm 15\%$. Снижение усиления и лучшая его стабильность в отсутствие конденсатора $C_к$ определяются действием последовательной отрицательной обратной связи в каскаде, создаваемой резистором $R_к$.

Таблица 4-2

Структура ламповых УНЧ с питанием от электросети *

Вид аппаратуры	Число каскадов предварительного усиления	Оконечный каскад		
		Схема	Режим работы	$P_{вых}$, В·А
РВ приемники и электрофоны				
Класс высший	3	Двухтактная	А	4,0
Класс I	2—3	Однотактная или двухтактная	А	2,0
Класс II **	1—2	Однотактная	А	2,0
Класс III **	1—2	»	А	1,0
Класс IV **	1—2	»	А	0,5
Телевизоры **	1—2	»	А	1,0
Магнитофоны, канал записи	2—4	Однотактная или двухтактная	А	
Магнитофоны, канал воспроизведения				
Класс I и II	3—4	Однотактная или двухтактная	А	4,0
Класс III	3—4	Однотактная	А	1,0

* В стереофонических системах — в каждом канале.

** Если усилитель НЧ не используется для воспроизведения грамзаписей, достаточно одного каскада предварительного усиления.

Фактические значения катодного тока $I_к$ могут отличаться от указанных в таблицах на 10—20%. В табл. 4-3 значения $I_к$ относятся к каждому триоду лампы 6Н1П и 6Н2П.

Частотные характеристики резистивных каскадов. Каскад на триоде при сопротивлении резистора $R_а \leq 220$ кОм и коротких монтажных соединениях анода с управляю-

Таблица 4-3

Данные каскадов предварительного усиления с триодами (рис. 4-4, *а*)

$R_а$, кОм	$R_к$, кОм	$I_к$, мА	K_U	K_U^*
Один триод лампы 6Н1П				
$U_п = 130 \div 150$ В				
47	1,0	2,0	12	8
100	2,2	1,0	12	8
220	6,2	0,5	13	8
$U_п = 180 \div 200$ В				
47	1,3	2,2	12	8
100	2,7	1,2	13	8
220	6,2	0,6	14	8
$U_п = 230 \div 250$ В				
47	1,0	3,0	17	11
100	2,4	1,3	18	11
220	6,8	0,6	20	10
$U_п = 280 \div 300$ В				
47	0,68	4,0	20	13
100	1,5	2,0	24	15
220	3,3	1,0	27	16
Один триод лампы 6Н2П				
$U_п = 180 \div 200$ В				
100	1,2	0,8	32	20
220	2,2	0,5	42	26
$U_п = 230 \div 250$ В				
100	1,0	1,0	42	25
220	1,5	0,6	47	32
$U_п = 280 \div 300$ В				
100	1,5	1,1	47	22
220	2,7	0,6	52	27
Триодная часть лампы 6И1П				
$U_п = 180 \div 220$ В				
47	1,3	2,3	12	8
100	1,5	1,5	13	10
220	3,6	0,8	14	10
Триодная часть лампы 6Ф1П				
$U_п = 180 \div 200$ В				
47	1,0	3,0	15	10
100	3,3	1,2	17	9
220	5,1	0,8	19	11

щей сеткой лампы следующего каскада имеет верхнюю граничную частоту полосы пропускания 12—16 кГц при снижении усиления по сравнению со средними частотами не более чем на 1 дБ. Частотная характеристика каскада на пентоде 6Ж3П имеет следующий спад на частоте 10 кГц: 2 дБ при $R_а = 100$ кОм; 4 дБ при $R_а = 220$ кОм; 7 дБ при $R_а = 470$ кОм.

Таблица 4-4

Данные каскада предварительного усиления с пентодом 6Ж3П (рис. 4-4, *б*)

$R_а$, кОм	$R_д$, кОм	$R_к$, Ом	$I_к$, мА	K_U^*	$R_к$, Ом	$I_к$, мА	K_U^*
		$U_п = 90 \div 100$ В			$U_п = 240 \div 250$ В		
100	680	820	0,5	100	1 000	1,3	160
220	680	820	0,4	160	910	1,0	250
470	1 800	750	0,3	200	820	0,7	300

* Указаны средние значения коэффициента усиления по напряжению при действующем значении напряжения сигнала на управляющей сетке 10 мВ.

Особенности схемы первого каскада. Катод лампы первого каскада УНЧ с большим общим коэффициентом усиления, например в усилителе магнитофона, при питании от электросети рекомендуется соединять непосредственно с минусом источника анодного напряжения (рис. 4-4, *в*), так как при наличии резистора автоматического смещения в цепи катода затруднительно получить на выходе усилителя малый уровень фона, при котором воспроизведение можно считать высококачественным (см. табл. 4-1). Смещение на управляющей сетке каскада по схеме на рис. 4-4, *в* получается за счет выпрямления входного сигнала в цепи сетки (процесс, аналогичный сеточному детектированию). Величина этого смещения поддерживается достаточно большой и постоянной, и нелинейные искажения каскада практически не вносятся, если постоянная времени цепи $R_{с1} C_{р1}$ значительно больше периода колебания, соответствующего нижней граничной частоте полосы пропускания УНЧ. Практически это условие выполняется при использовании резистора $R_{с1}$ сопротивлением порядка 2.2—4,7 МОм и конденсатора $C_{р1}$ емкостью не менее десятых долей микрофарады.

Специально для применения в первых каскадах УНЧ разработан пентод 6Ж32П. При $U_п = 250$ В, $R_к = 1$ кОм, $R_а = 100$ кОм и $R_д = 390$ кОм $K_U \geq 100$, а напряжение фона переменного тока на анодной нагрузке не превышает 3 мкВ.

Снижению фона способствует создание отрицательного потенциала на катоде лампы относительно ее подогревателя (см. рис. 7-18).

Оконечные однотактные ламповые каскады

Однотактные каскады применяют в усилителях НЧ звуковоспроизводящей аппаратуры с выходной мощностью $P_{вых} \leqslant 3 \div 4$ В·А. Выполняют их на пентодах или

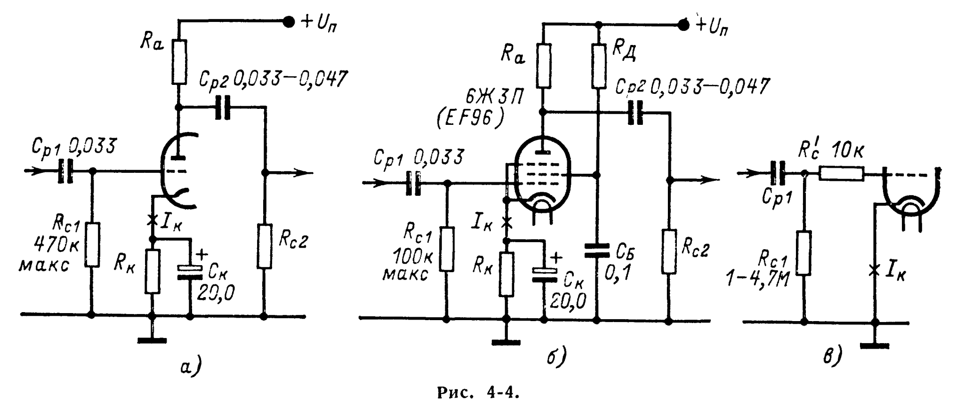


Рис. 4-4.

лучевых тетродах (рис. 4-5, *а*, табл. 4-5), часто по ультралинейной схеме (рис. 4-5, *б*), которая благодаря отрицательной обратной связи на экранирующую сетку способствует снижению нелинейных искажений.

Выходные трансформаторы однотактных каскадов с указанными выше значениями $P_{вых}$ выполняют на витых магнитопроводах ШЛ16 × 25—ШЛ20 × 25 (см. табл. 10-62) или на сердечниках их пластин электротехнической стали Ш16, Ш18, УШ19, Ш20 (см. табл 10-61). При $P_{вых} \leqslant 2$ В·А необходим сердечник с полезной площадью сечения $S \geqslant 3{,}5$ см^2, а при $P_{вых} = 3 \div 4$ В·А $S \geqslant 4{,}5$см^2. Магнитопроводы с большей высотой окна h предпочтительнее, так как при этом можно получить меньшую индуктивность рассеяния и соответственно меньшее ослабление на верхних частотах.

Расчет выходного трансформатора для однотактного каскада. Если нет возможности применить трансформатор заводского производства, трансформатор изготовляют по следующему расчету.

Таблица 4-5

Типовые режимы однотактных оконечных каскадов (рис. 4-5)

$U_п$, В	$R_к$, Ом	$R'_а$, Ом	$P_{вых}$*, Вт	U_{c1}** ≈, В	I_{a0}***, мА	I_{c20}***, мА
			Пентод 6П14П			
150	160	6 300	0,7	2,6	21	2,1
200	130	5 300	1,8	3,5	34	4,0
250	120	4 800	3,0	4,3	47	5,0
			Пентод 6П18П			
180	110	3 000	2,2	4,0	53	8,0
			Пентодная часть лампы 6Ф1П			
170	150	15 000	0,35	1,2	11	2,8
			Пентодная часть лампы 6Ф3П			
250	300	5 000	1,4	—	30	—
			Пентодная часть лампы 6Ф4П			
250	—4,2 ($R_к$=0)	22 000	0,8	1,0	10	4,5
			Пентодная часть лампы 6Ф5П			
230	270	—	2,0	—	27	5,0

* Выходная мощность с учетом потерь в выходном трансформаторе.

** Действующее значение напряжения НЧ сигнала на управляющей сетке, необходимое для получения выходной мощности $P_{вых}$.

*** Ориентировочные значения токов анода $I_а$ и экранирующей сетки I_{c2} в отсутствие сигнала.

Заданными величинами для расчета выходного трансформатора являются: выходная мощность $P_{\text{вых}}$ [В·А] или действующее значение напряжения на вторичной обмотке U_{II} [В]; оптимальное приведенное сопротивление анодной нагрузки лампы $R'_{\text{а}}$ [Ом] при данном режиме работы лампы (см. табл. 4-5); постоянная составляющая анодного тока $I_{\text{а0}}$ [мА]; сопротивление нагрузки $r_{\text{нагр}}$, подключаемой

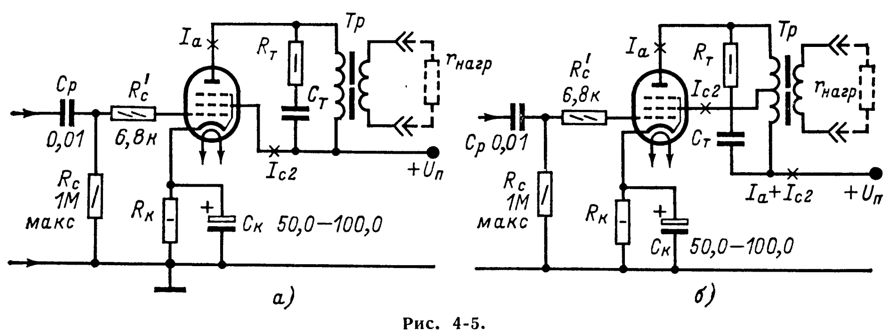


Рис. 4-5.

ко вторичной обмотке трансформатора — сопротивление громкоговорителя (громкоговорителей) акустической системы: нижняя и верхняя граничные частоты полосы пропускания $f_{\text{низш}}$, $f_{\text{высш}}$ [Гц] и допускаемое снижение усиления в заданной полосе частот в децибелах.

Таблица 4-6

Формуляр расчета выходного трансформатора однотактного лампового оконечного каскада

Параметр	Формула	Номер формулы
L_{I}, Г	$\dfrac{k_L R'_{\text{а}}}{f_{\text{низш}}}$	1
w_{I}	$550\sqrt{\dfrac{L_{\text{I}} l_{\text{м}}}{S}}$	2
w_{II}	$1{,}15 w_{\text{I}}\sqrt{\dfrac{r_{\text{нагр}}}{R'_{\text{а}}}}$	3
w_{II}	$\dfrac{1{,}15 w_{\text{I}} U_{\text{II}}}{\sqrt{P_{\text{вых}} R'_{\text{а}}}}$	4
d_{I}, мм	$0{,}045\sqrt{\dfrac{w_{\text{I}} l_{\text{в}}}{R'_{\text{а}}}}$	5
d_{II}, мм	$d_{\text{I}}\sqrt{\dfrac{R'_{\text{а}}}{r_{\text{нагр}}}}$	6
$l_{\text{з}}$, мм	$8\cdot10^{-7} w_{\text{I}} I_{\text{а0}}$	7
$R_{\text{т}}$, Ом	$\approx R'_{\text{а}}$	8
$C_{\text{т}}$, пФ	$\dfrac{(100 \div 150)\,10^3}{f_{\text{высш}} R'_{\text{а}}}$	9

По формулам из табл. 4-6 можно вычислить параметры трансформатора: минимально необходимую индуктивность первичной обмотки L_{I}; числа витков первичной и вторичной обмоток w_{I} и w_{II}; диаметры их проводов по меди d_{I} и d_{II}, величину немагнитного зазора в магнитопроводе $l_{\text{з}}$, а также ориентировочно определить параметры корректирующей цепочки $R_{\text{т}}C_{\text{т}}$.

Значение коэффициента k_L зависит от допускаемого снижения усиления на частоте $f_{\text{низш}}$. При допускаемом снижении усиления на 0,5; 1; 2; 3 дБ коэффициент k_L соответственно равен 0,45; 0,31; 0,2; 0,16.

Необходимые для подстановки в формулы длину средней магнитной силовой линии в магнитопроводе $l_{\text{м}}$, см, среднюю длину витка $l_{\text{в}}$, см, и полезную площадь сечения S, см², магнитопровода выбранного типа берем из табл. 10-61 или 10-62.

Число витков первичной обмотки, включенных между анодом и экранирующей сеткой в ультралинейной схеме с пентодом 6П14П, равно 0,8—0,9 w_{I}.

Оконечные двухтактные ламповые каскады

Оконечные каскады ламповой звуковоспроизводящей аппаратуры целесообразно выполнять по двухтактной схеме, когда нужно иметь выходную мощность $P_{\text{вых}} > 4$ В·А.

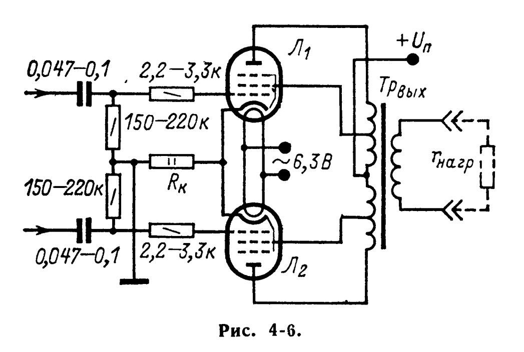


Рис. 4-6.

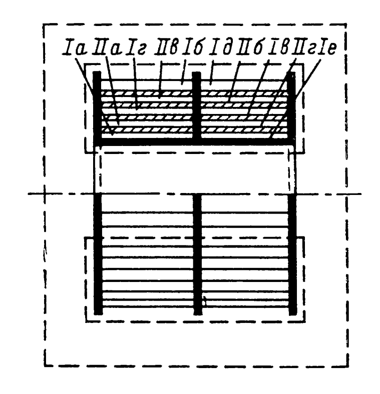
Обычно в таких каскадах применяют ультралинейную схему (рис. 4-6). Режимы и данные выходных трансформаторов таких каскадов с различными $P_{\text{вых}}$ приведены в табл. 4-7.

Таблица 4-7

Рекомендуемые режимы двухтактных ламповых оконечных НЧ каскадов по ультралинейной схеме и данных выходного трансформатора для звукопроизводящей аппаратуры классов высший и I

$P_{вых}$, В·А	5	10	15
Тип лампы	6П14П	6П14П	6П3С
$U_а$, В	270	300	270
$R_к$, Ом	120	100	125
I_a+I_{c2}, мА	75	85	145
$R_{а-а}$, Ом	6 300	9 000	500
Выходной трансформатор			
Магнитопровод	Ш20 × 30	Ш25 × 40	УШ30 × 45
w_I, витки	1 000 + 300 + 300 + 1 000	1 600 + 400 + 400 + 1 600	1 050+790+790+5 100
d_I, мм	0,14	0,18	0,25
w_{II}, витки	$32{,}5\sqrt{r_{нагр}}$	$42\sqrt{r_{нагр}}$	$45\sqrt{r_{нагр}}$
d_{II}, мм	$0{,}04\sqrt{\frac{w_{II}l_в}{r'_{нагр}}}$		$0{,}045\sqrt{\frac{w_{II}l_в}{r'_{нагр}}}$

Выходной трансформатор. Обмотки выходного трансформатора, особенно если оконечный каскад работает в режиме АВ, необходимо наматывать на двухсекционном каркаде, первичную обмотку разделять на четыре — шесть частей, располагая их между секциями первичной обмотки. Лучшая передача верхних частот получается при расположении и соединении обмоток согласно рис. 4-7. Секции *Iа*, *Iб*, *Iд* и *Iе* первичной обмотки содержат по $^1/_8$, а секции *Iв* и *Iг* по $^1/_4$ части ее витков. Секции вторичной обмотки *IIа—IIг* имеют по равному числу витков.



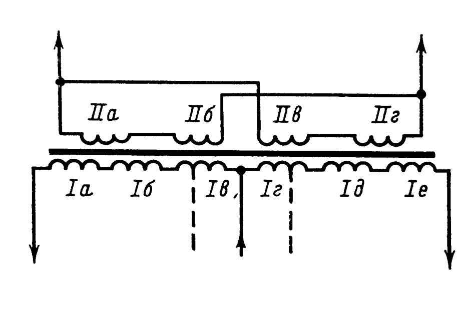


Рис. 4-7.

Ламповый УНЧ для радиолы или электрофона класса I

Усилитель содержит два каскада предварительного усиления на двойном триоде 6Н2П и оконечный каскад по ультралинейной схеме на пентоде 6П14П (рис. 4-8). В цепь катода предоконечного каскада со вторичной обмотки выходного трансформатора Tp_1 подается отрицательная обратная связь.

С целью снижения уровня фона накал лампы 6Н2П (в радиоле вместе с детектирующим диодом) должен питаться от отдельной обмотки трансформатора, на которую подается положительный потенциал относительно катода лампы (см. рис. 7-18).

Параметры усилителя. Номинальная выходная мощность $P_{вых} = 2$ В·А на нагрузке 9 Ом получается при действующем значении входного напряжения 0,16—0,22 В. Рабочая полоса частот составляет 63—14 000 Гц. Раздельные регуляторы тембра нижних и верхних частот, включенные между первым и вторым каскадами усилителя, обеспечивают диапазон регулирования 14—18 дБ относительно частоты 1 000 Гц.

Выход усилителя рассчитан на нагрузку из двух последовательно соединенных громкоговорителей 4ГД28 (4ГД28М), воспроизводящих нижнюю часть рабочей полосы частот,

параллельно которым через конденсатор емкостью 1 мкФ включены два последовательно соединенных громкоговорителя 1ГД28 (1ГД19), воспроизводящие верхнюю часть рабочей полосы частот.

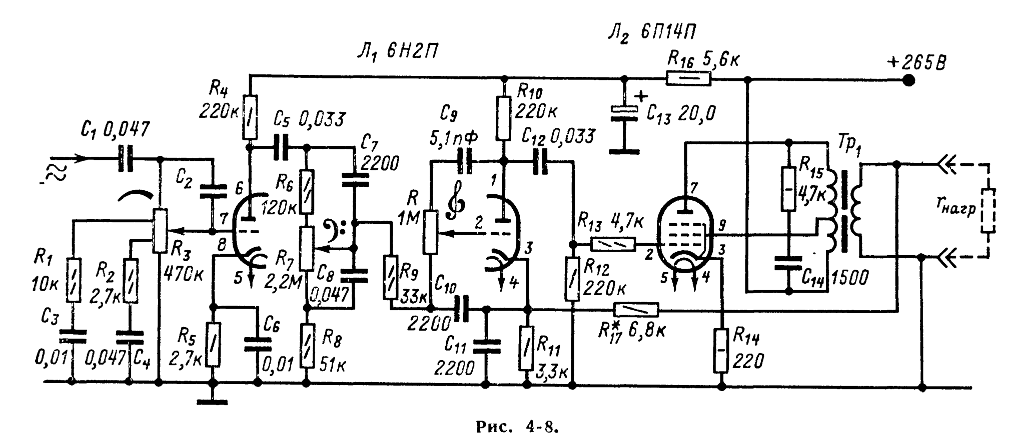


Рис. 4-8.

Выходной трансформатор. Сердечник Ш20 × 20. Обмотка *I* — 650 + 2 250 витков ПЭЛ 0,15. Обмотка *II* — 80 + 40 витков ПЭЛ 0,5, 0,95 Ом (для $r_{нагр}$ = 9 Ом).

Ламповый УНЧ для радиолы или электрофона класса «высший»

Усилитель содержит два каскада предварительного усиления на триодах ламп $Л_1$ и $Л_2$ типа 6Н2П (рис. 4-9), фазоинвертор

тора $Тр_{вых}$ подана отрицательная обратная связь.

На входе усилителя включен регулятор громкости с тонкомпенсацией. Раздельные регуляторы тембра на верхних и нижних частотах расположены между первым и вторым каскадами. Кроме того, имеется переключатель, при установке которого в положение *Речь* сужается полоса пропускания усилителя.

Параметры усилителя. Номинальная выходная мощность $P_{вых}$ = 6 В·А при действующем значении входного напряжения не более 0,18 В. Рабочая полоса частот 40—15 000 Гц. Регуляторы тембра обеспечивают диапазон регулирования более 15 дБ относительно частоты 1 000 Гц.

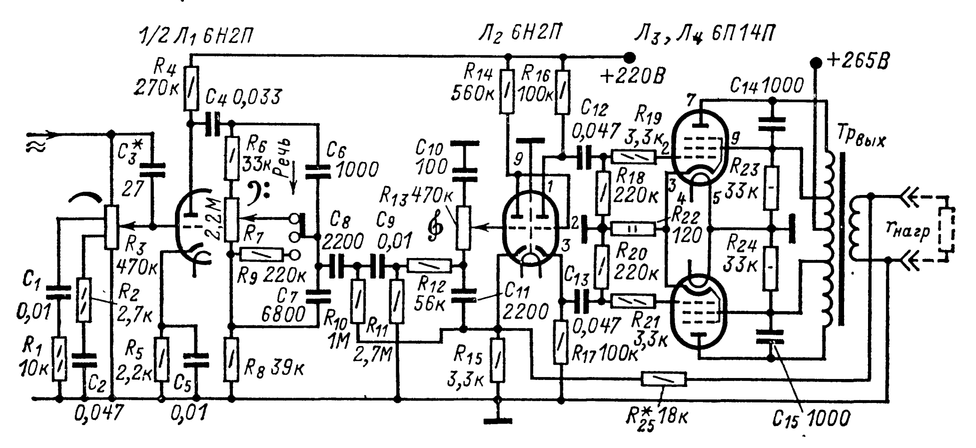


Рис. 4-9.

с разделенной нагрузкой на втором триоде лампы $Л_2$ и двухтактный оконечный каскад по ультралинейной схеме на пентодах $Л_3$, $Л_4$ типа 6П14П. Связь анодной цепи второго каскада с цепью сетки фазоинверторного каскада без разделительного конденсатора улучшает частотную и фазовую характеристики усилителя. В цепь катода второго каскада со вторичной обмотки выходного трансформатора

При подаче положительного смещения на подогреватели ламп 6Н2П относительно их катодов (см. рис. 7-18) и хорошем сглаживании пульсаций питающего выпрямленного напряжения можно получить относительный уровень фона ниже 64 дБ.

Громкоговорители акустического агрегата подключены к усилителю через разделительный фильтр (см. стр. 175).

4-3. УСИЛИТЕЛИ НЧ НА ТРАНЗИСТОРАХ

Выбор схемы

Минимальная необходимая выходная мощность $P_{вых}$ и количества каскадов транзисторных УНЧ, при которых звуковоспроизводящая аппаратура может удовлетворять требованиям различных классов качества, указаны в табл. 4-8.

Оконечный каскад УНЧ звуковоспроизводящей аппаратуры целесообразно выполнять по бестрансформаторной схеме, так как в трансформаторах теряется до 20—30% мощности переменного тока звуковой частоты, получаемой в цепях коллекторов транзисторов оконечных каскадов, и, кроме того, трансформаторы вносят дополнительные частотные, фазовые и нелинейные искажения.

Транзисторные УНЧ с трансформаторами находят применение в переносных РВ приемниках и телевизорах классов III и IV.

Бестрансформаторные транзисторные УНЧ

В оконечном каскаде бестрансформаторного УНЧ по схеме на рис. 4-10 соединены последовательно два транзистора: T_3 — *p-n-p* и T_4 — *n-p-n*. Токи баз этих транзисторов и ток коллектора транзистора T_2 протекают по общему резистору R_8. Падение напряжения на терморезисторе R_9 используется в качестве начального смещения на базы транзисторов T_3 и T_4. Вместо терморезистора нередко применяют германиевый диод в прямом включении.

Таблица 4-8

Структура усилителей низкой частоты на транзисторах *

Вид аппаратуры	Число каскадов предварительного усиления	Оконечный каскад		
		Схема	Режим работы	$P_{вых}$, В·А
РВ приемники настольные и напольные с питанием от сети; электрофоны				
Класс высший	4—5	Двухтактная	А	4,0
Классы I и II	4—5	То же	А или АВ	2,0
Класс III	3—4	» »	АВ	1,0
Класс IV	3—4	» »	АВ	0,5
РВ приемники настольные с питанием от батарей				
Класс высший	4—5	» »	АВ	2,0
Класс I	4—5	» »	АВ	1,0
Класс II	3—4	» »	АВ	0,5
Класс III	3—4	» »	АВ	0,3
Класс IV	3—4	» »	АВ	0,2
РВ приемники автомобильные	4	» »	АВ	2,0
РВ приемники переносные				
Класс I	3—4	» »	АВ	0,5
Класс II	2—3	» »	АВ	0,3
Класс III	2 **	» »	АВ	0,2
Класс IV	2 **	» »	АВ	0,1
РВ приемники карманные	1—2	» »	АВ	0,02
Телевизоры настольные и напольные	2—3	» »	А или АВ	1,0
Телевизоры переносные	2	» »	АВ	0,1
Магнитофоны, канал записи	3—4	Однотактная; двухтактная	А А или АВ	
Магнитофоны с питанием от сети, канал воспроизведения				
Классы I и II	5—6	Двухтактная	А или АВ	2,0
Класс III	5—6	То же	АВ	1,0
Магнитофоны с питанием от батарей, канал воспроизведения				
Класс II	6	» »	АВ	1,0
Класс III	5—6	» »	АВ	0,5
Класс IV	5—6	» »	АВ	0,3

* В стереофонических системах — в каждом канале.
** Если не требуется использование усилителя для воспроизведения грамзаписей.

При указанных на рис. 4-10 типах транзисторов и напряжении питания 4,5 В усилитель имеет выходную мощность $P_{вых} \approx$ $\approx$ 80 мВ·А. При использовании в предоконечном и оконечном каскадах транзисторов T_2 и T_3 типа ГТ402Б (*p-n-p*) и T_4 типа ГТ404Б (*n-p-n*), напряжении питания 9 В и громкоговорителе 1ГД18 или 1ГД28 можно получить выходную мощность около 0,7 В·А.

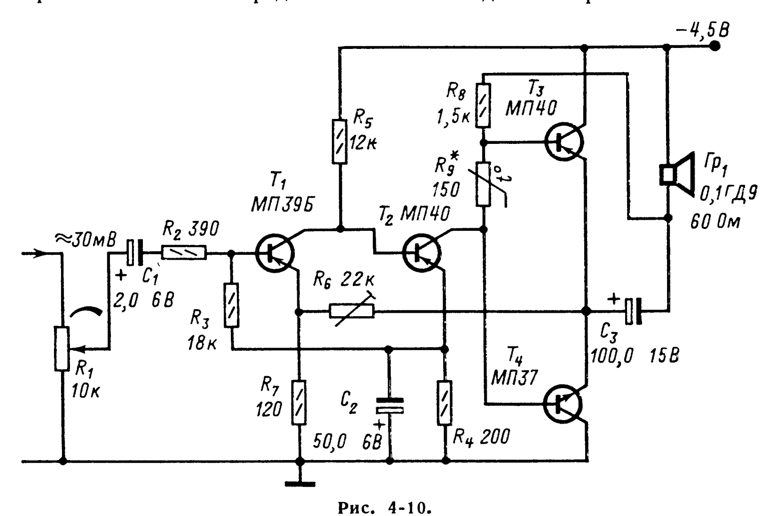


Рис. 4-10.

сторами T_4 и T_5 фазоинверторного каскада, которые работают аналогично транзисторам T_3 и T_4 в схеме на рис. 4-10. С выхода усилителя подается обратная связь в цепь базы транзистора T_3 через резистор R_8 и в цепь эмиттера транзистора T_1 через резистор R_3. Этот усилитель можно использовать в качестве мощного усилителя для радиолы, электрофона или магнитофона класса I.

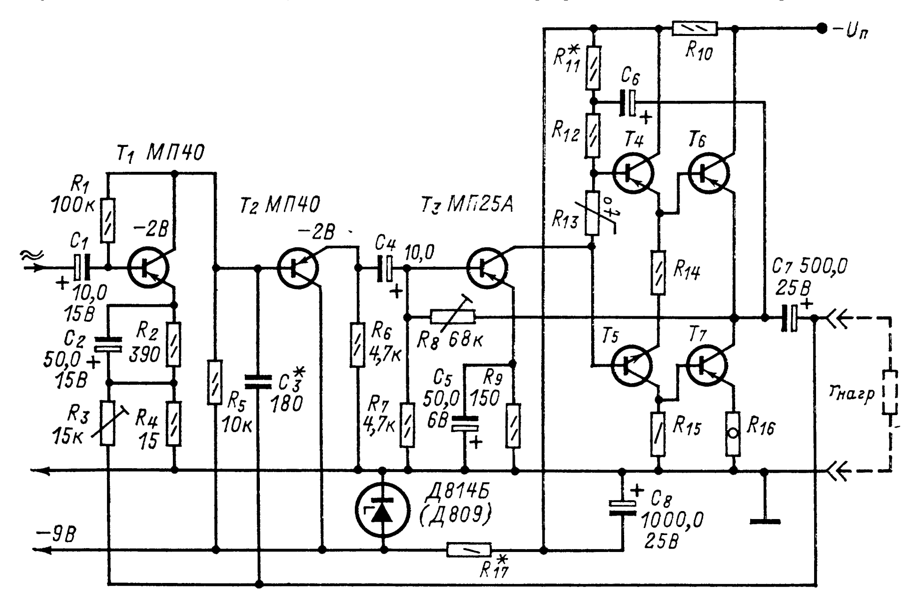


Рис. 4-11.

Усилитель с выходной мощностью 1—20 В·А. В оконечном каскаде усилителя последовательно включены два транзистора средней или большой мощности структуры *p-n-p* (T_6 и T_7 на рис. 4-11). Сигнал на их базы подается в противофазе с резисторов R_{14} и R_{15}, включенных последовательно с транзи-

Каскады предварительного усиления в этих случаях могут быть выполнены по одной из схем на рис. 4-12.

Симметрирование плеч оконечного двухтактного каскада необходимо для снижения нелинейных искажений, вносимых усилителем. В схеме на рис. 4-10 симметрирование

заключается в установке напряжения точки соединения эмиттеров транзисторов T_3 и T_4 равным половине напряжения питания путем изменения сопротивления резистора R_6. Симметрирование оконечного каскада в схеме на рис. 4-11 сводится к установке резистором R_8 напряжения точки соединения эмиттера транзистора T_6 с коллектором транзистора T_7, также равным $U_п/_2$.

дется по формуляру (табл. 4-9) в следующем порядке.

1. По формуле (1) определяют значение тока коллектора, в импульсе которого он будет достигать при максимальном значении отдаваемой мощности, и выбирают технологическую группу транзисторов, для которых предельно допустимый ток не меньше вычисленного по этой формуле, а допустимая мощ-

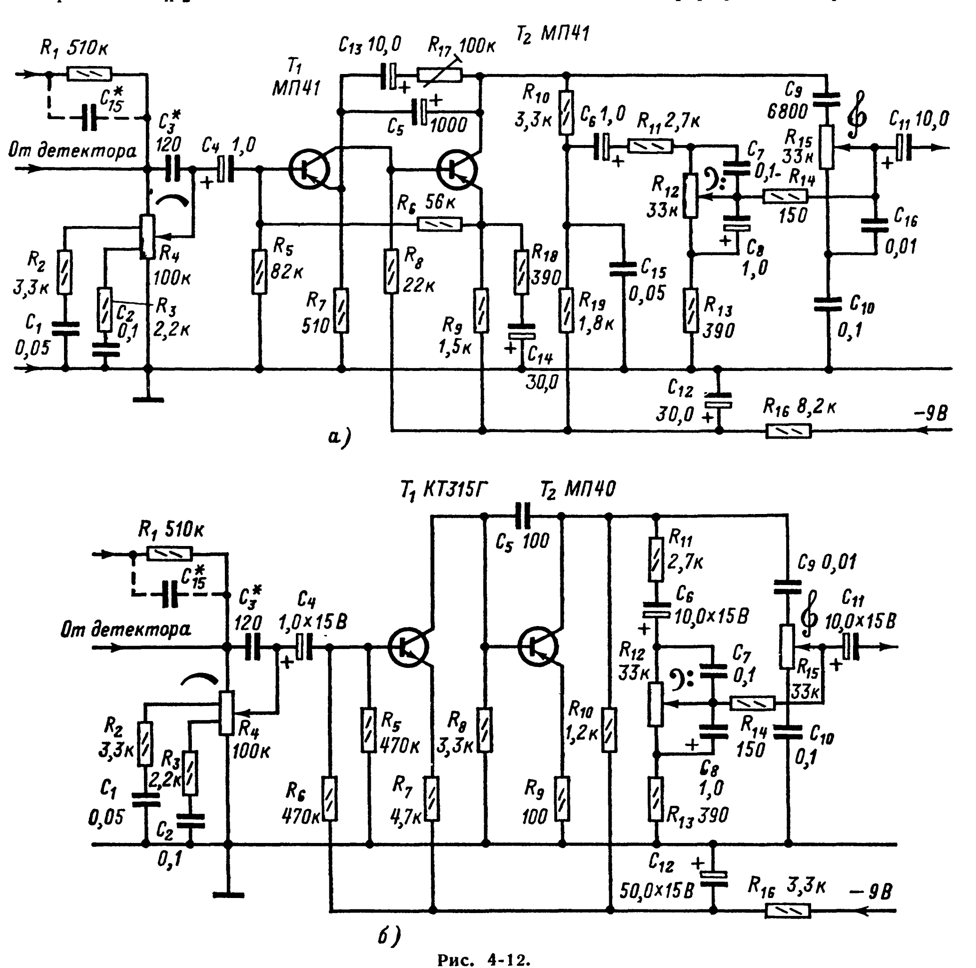


Рис. 4-12.

Расчет оконечного каскада бестрансформаторного транзисторного усилителя низкой частоты. При расчете следует задаваться выходной номинальной мощности $P_{вых}$ и сопротивлением нагрузки $r_{нагр}$, поскольку сопротивления громкоговорителей стандартизованы (см. табл. 4-11). Номинальная мощность громкоговорителя должна быть не менее номинальной выходной мощности.

Расчетом получают номинальное значение напряжения питания $U_п$ и потребляемый от источника питания ток. На основе расчета выбирают типы транзисторов и параметры элементов схемы.

Расчет оконечного каскада как по схеме на рис. 4-10, так и по схеме на рис. 4-11 ведется ... ность рассеяния (без радиаторов или с радиаторами приемлемых размеров) не меньше вычисленной по формуле (2).

Заметим, что величины тока коллектора и рассеиваемой мощности относятся к одному транзистору, а $P_{вых}$ является мощностью, получаемой на выходной нагрузке каскада в результате работы двух его транзисторов.

2. Выписывают из табл. 10-34—10-37 значение $U_{к.н}$ для транзисторов выбранной группы и по формуле (3) вычисляют требуемую величину напряжения питания каскада $U_п$ (напряжение на выходе выпрямителя). Если усилитель питается от батареи, то для дальнейшего расчета принимают ближайшее большее стандартное значение $U_п$ (напри-

мер, 4,5; 6; 9; 12; 24 В). В последнем случае максимальная мощность на нагрузке с заданным сопротивлением будет больше заданной; величина ее определяется формулой (4) из табл. 4-9.

Таблица 4-9

Формуляр расчета оконечного каскада бестрансформаторного УНЧ

Параметр	Формула	Номер формулы
$I_{к.п}$, А	$\sqrt{\frac{2P_{вых}}{r_{нагр}}}$	1
$P_к$ (АВ)	$0{,}25P_{вых}$	2
$U_п$, В	$\sqrt{8P_{вых}r_{нагр}} + (3 \div 5)\,U_{к.н}$	3
$P'_{вых}$, Вт	$\frac{[U_п + (3 \div 5)\,U_{к.н}]^2}{8r_{нагр}}$	4 *
$I_{к.ср}$ (АВ)	$\frac{I_{к.и}}{\pi} = 0{,}32I_{к.и}$	5

* В формулу (4) подставить значение численного коэффициента при $U_{к.н}$, принятое в формуле (3).

3. Для оконечного каскада выбирают транзисторы с предельно допустимым напряжением коллектор-эмиттер по крайней мере на 20% большим напряжения питания.

4. Значение тока, потребляемого от источника питания оконечным каскадом в моменты отдачи усилителем полной выходной мощности, определяется по формуле (5).

В конце расчета необходимо проверить, не превышает ли вычисленное значение $I_{к.ср}$ допустимую среднюю величину тока коллектора для транзисторов данных типов (если последнее значение ограничено).

Для уменьшения нелинейных искажений при малых уровнях сигнала ток покоя транзисторов T_3 и T_4 оконечного каскада в схеме на рис. 4-10 должен иметь величину 2—2,5 мА, а в схеме на рис. 4-11 ток покоя транзисторов T_6 и T_7 (например, типа П213—П217 и т. п.) равен 3—5 мА.

Выбор элементов для остальных каскадов. В схеме на рис. 4-11 при $U_п \leqslant 10$ В транзистор T_3 может быть типа МП41, а при большем напряжении питания — типа МП25А, Б; транзистор T_4 — при $U_п \leqslant 10$ В — типа МП41, МП42Б и при $U_п > 10$ В — типа МП25А,Б; транзистор T_5 — типа МП37А,Б.

При $U_п \leqslant 10$ В ток эмиттера транзистора T_3 составляет 2,5—3 мА и при $U_п \geqslant 12$ В — 4—5 мА.

Ориентировочные сопротивления резисторов в схеме на рис. 4-11 при различных значениях напряжения питания указаны в табл. 4-10.

При $U_п = 9$ В стабилитрон Д809 (Д814Б) нужно заменить стабилитроном Д808 (Д814А).

Таблица 4-10

Номинальные сопротивления резисторов (рис. 4-11)

Обозначение резистора в схеме	Напряжение питания $U_п$, В		
	8—10	12—24	26—40
	Сопротивления резисторов, Ом		
R_{10}	—	10—39	—
R_{11}	820	390	1 500
R_{12}	680	1 800	4 700
R_{13}[1]	150—220	68—100	47—68
R_{14}	43—56	68—75	100—120
R_{15}	43—56	68—75	100—120
R_{16}	1—1,2	1—1,2	0,3—0,5

[1]Терморезистор СТ3-17, ММТ-9, ММТ-12 или ММТ-13.

Типы остальных полупроводниковых приборов и параметры остальных резисторов и конденсаторов в схемах на рис. 4-10—4-12 не зависят от значений выходной мощности и напряжения питания.

Типовой УНЧ портативного транзисторного приемника классов II—IV

Низкочастотная часть современного транзисторного портативного РВ приемника с громкоговорителем имеет, как правило, три каскада на маломощных германиевых сплавных транзисторах серий МП39—МП41А, ГТ108А—ГТ108Г или ГТ109А—ГТ109Г (рис. 4-13); два каскада предварительного усиления однотактные, содержат по одному транзистору, а третий, оконечный — два транзистора, работающих в режиме АВ.

При напряжении питающей батареи 9 В и транзисторах типов МП39—МП41 в оконечном каскаде выходная мощность составит 150—200 В·А. Номинальное входное напряжение 15—20 мВ.

Каскады предварительного усиления. Входной каскад выполнен по схеме с ОЭ. Стабилизирующий резистор R_6 в цепи эмиттера конденсатором не шунтируют для увеличения входного сопротивления каскада и повышения коэффициента передачи детектора. С той же целью последовательно с конденсатором C_1 включают резистор R_2.

Учитывая, что входное сопротивление каскада возрастает с увеличением коэффициента передачи тока используемого транзистора, во входном каскаде рекомендуется применять транзистор с возможно большим $h_{21э}$ (ГТ108В, ГТ109В, МП41А, П15А и т. п.).

Связь первого каскада с выполненным по схеме ОЭ вторым каскадом непосредственная. В качестве смещения на базу транзистора T_1 первого каскада используется падение напряжения на резисторах R_{11}, R_{12}, включенных в цепь эмиттера транзистора T_2 второго каскада; это улучшает стабильность режима обоих каскадов.

Второй каскад связан с оконечным каскадом фазоинвертирующим, понижающим трансформатором Tp_1 с отводом от средней точки во вторичной обмотке.

Оконечный каскад. Транзисторы T_3 и T_4 включены по схеме с ОЭ с общим стабилизирующим резистором R_{13} в цепи эмиттера. Во избежание возникновения заметных нелинейных искажений при малых уровнях сигнала коллекторный ток покоя каскада должен иметь величину 2—4 мА. Это обеспечивается подачей на базы транзисторов T_3 и T_4 начального отрицательного смещения величиной около 0,1 В. В качестве этого смещения используется падение напряжения на резисторе R_{12} в цепи эмиттера транзистора T_2 предоконечного каскада. При этом температурная стабильность оконечного каскада улучшается.

Напряжение отрицательной обратной связи, снижающей нелинейные и частотные искажения, подается со вторичной обмотки выходного трансформатора в цепь эмиттера предоконечного каскада через конденсатор C_6 и резистор R_9, на резистор R_{10} в цепи эмиттера транзистора T_2.

Применяют также дополнительную частотно-зависимую обратную связь из цепи коллекторов в цепь баз транзисторов оконечного каскада, включая конденсаторы C_7 и C_8.

Трансформаторы. В междукаскадном и выходном трансформаторах применяют сердечники из пластин Ш3, Ш5 или Ш6, изготовленные из пермаллоя. Так как в переносных транзисторных приемниках трансформаторы работают при низких напряжениях, а верхняя граница рабочего диапазона частот 3 000—4 500 Гц, возможно применение простых конструкций обмоток трансформаторов. Сначала наматывают вторичную обмотку; в междукаскадном трансформаторе обе ее половины наматывают одновременно, т. е. проводом, сложенным вдвое; среднюю точку получают, соединяя конец одного провода с началом другого. Далее наматывается первичная обмотка. В выходном трансформаторе после намотки вторичной обмотки в один провод наматывают обе секции первичной обмотки тем же способом, как и вторичная обмотка междукаскадного трансформатора. При таком способе намотки трансформаторов обеспечивается хорошая электрическая симметрия плеч двухтактного каскада. Намотку трансформаторов можно производить внавал.

Коэффициент полезного действия выходных трансформаторов не превышает 0,65—0,75.

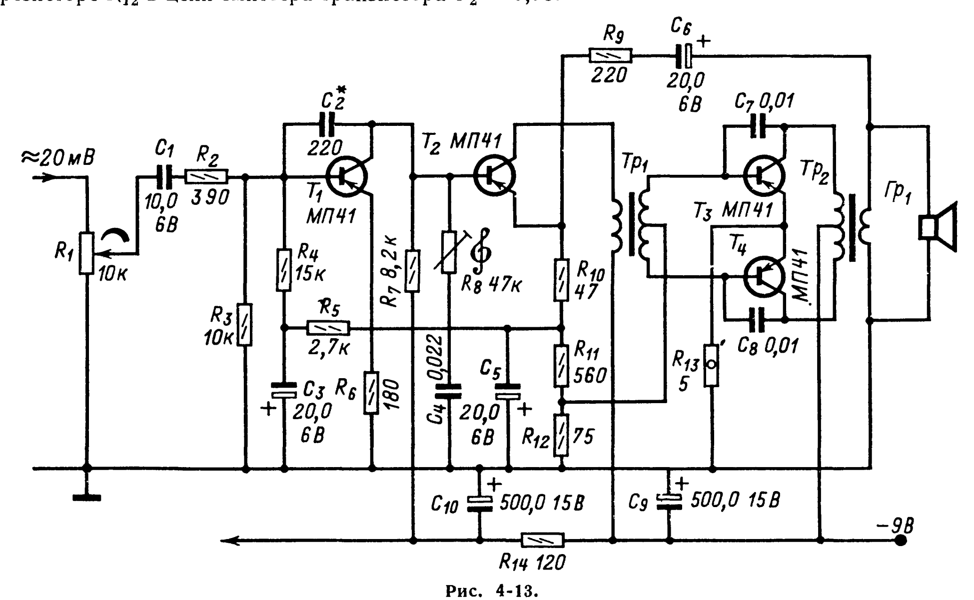


Рис. 4-13.

Унифицированный междукаскадный трансформатор СТ-74 для портативных приемников с транзисторами МП39—МП41 в оконечных и предоконечных каскадах имеет следующие данные: магнитопровод Ш3 × 6 из пермаллоя марки 79НМ; первичная обмотка I — 2 500 витков провода ПЭЛ 0,06 (r_I = 420 Ом ± ±20%, L_I = 13 Г ± 20%); вторичная обмотка II — 350 + 350 витков такого же провода (r_{II} = 160 Ом, ±20%; 1 Г); n = 0,14×2.

Унифицированный выходной трансформатор ТВ-285 для портативных приемников с двухтактными оконечными каскадами на транзисторах МП39—МП41 имеет следующие параметры: магнитопровод Ш3 × 6 из пермаллоя марки 45Н или 50Н; первичная обмотка I — 450 + 450 витков ПЭЛ или ПЭВ 0,09 (r_I = 60 Ом ± 20%; L_I = 0,6 Г ±20%).

Вторичная обмотка II — 102 витка ПЭЛ 0,23 (r_{II} = 1,4 Ом ± 20%) при сопротивлении нагрузки 10 Ом (громкоговорители 0,1 ГД6, 0,1 ГД8) или 77 витков ПЭЛ 0,23 (r_I = = 1,3 Ом ± 20%) при сопротивлении нагрузки 8 Ом.

4-4. СТЕРЕОФОНИЧЕСКИЕ ДВУХКАНАЛЬНЫЕ УНЧ

Двухканальное стереофоническое звуковоспроизводящее устройство содержит два

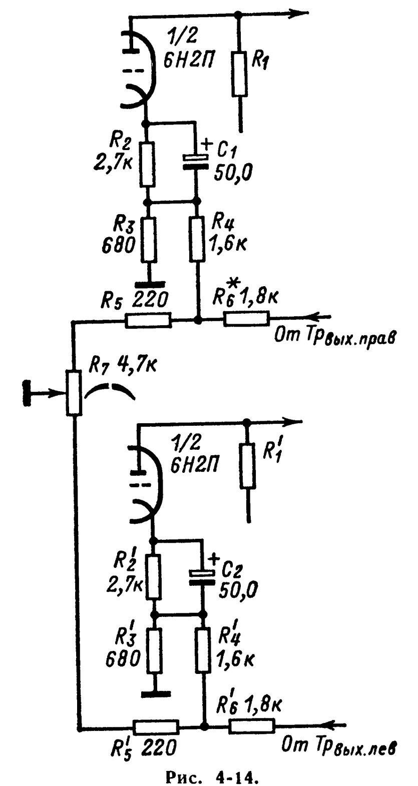


Рис. 4-14.

одинаковых УНЧ, которые могут быть выполнены по одной из схем, приведенных в § 4-2 и 4-3. Регулирование громкости и тембра должно осуществляться в обоих каналах одновременно спаренными потенциометрами.

Стереобаланс, т. е. выравнивание усиления обоих каналов, осуществляется с помощью переменного резистора, при вращении оси которого одновременно с увеличением усиления одного канала уменьшается уси-

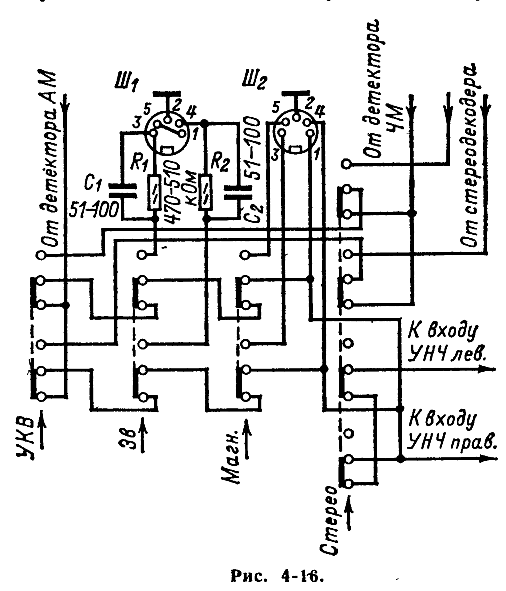


Рис. 4-16.

ление другого, или наоборот. В схеме на рис. 4-14, применяемой в ламповых устройствах, стереобаланс устанавливается переменным резистором R_7. В транзисторных устройствах применяют схемы, показанные на рис. 4-15, где стереобаланс получают регулировкой переменных резисторов R_2 (R_2').

Схема коммутации выходов двух усилителей НЧ радиолы с детекторами, звукоснимателем и магнитофоном приведена на

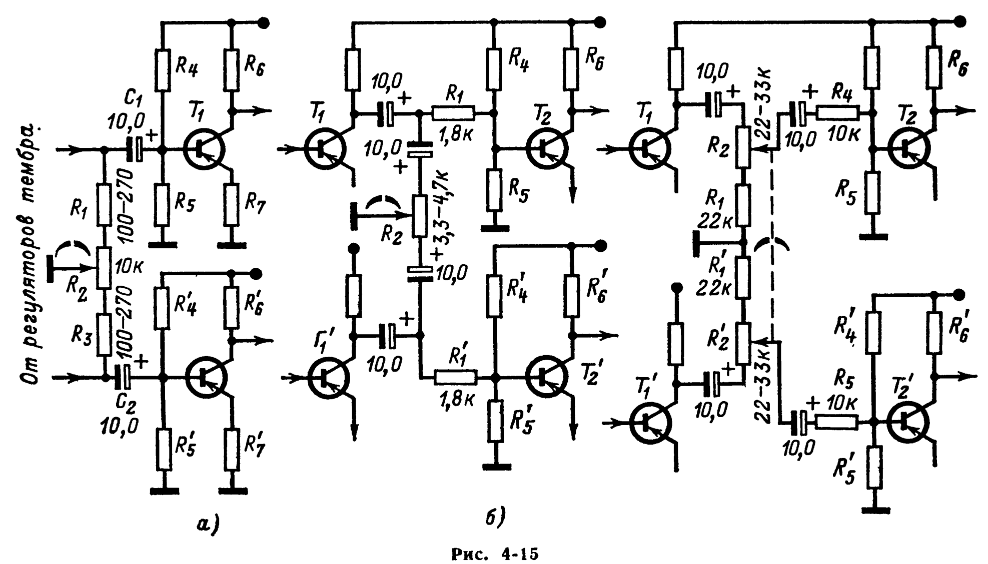


Рис. 4-15

рис. 4-16. Стереофонический звукосниматель включается в розетку $Ш_1$. Вход усилителя магнитофона подключается к гнездам *2-3-5* розетки $Ш_2$ для записи радиовещательных программ; при этом на магнитофон поступает НЧ сигнал с одного из детекторов радиолы (в зависимости от положения клавиш *УКВ* и *Стерео*). На гнезда *2-1-4* розетки $Ш_2$ можно подать сигнал с линейного выхода магнитофона для использования УНЧ радиолы в качестве мощного усилителя к магнитофону. Резисторы R_1, R_2 и конденсаторы C_1, C_2 в схеме на рис. 4-16 нужны только в транзисторной радиоле.

4-5. ГРОМКОГОВОРИТЕЛИ

Основные характеристики

Полное электрическое сопротивление громкоговорителя $r_г$ — сопротивление переменному току, измеренное на зажимах громкоговорителя. На основной частоте механического резонанса подвижной системы громкоговорителя $f_г$ полное электрическое сопротивление достигает значительной величины и с понижением частоты быстро падает до сопротивления звуковой катушки постоянному току. На верхних звуковых частотах $r_г$ растет постепенно за счет влияния индуктивности катушки.

При увеличении демпфирования подвижной системы громкоговорителя полное сопротивление на частоте $f_г$ уменьшается.

За номинальное значение $r_г$ принимают модуль полного электрического сопротивления на частоте 1 000 Гц или минимальное его значение в диапазоне частот выше частоты основного механического резонанса.

Номинальная мощность $P_{ном}$ — наибольшая подводимая к громкоговорителю мощность, при которой нелинейные искажения, вносимые громкоговорителем, не превышают определенного уровня.

Величину номинальной мощности громкоговорителя в вольт-амперах выражает число в начале обозначения громкоговорителя. Например, 1ГД-28 — Громкоговоритель Динамический номинальной мощностью 1 В·А, модель 28.

Акустическая мощность — средняя во времени мощность излучаемого громкоговорителем сигнала.

Частотная характеристика — зависимость развиваемого громкоговорителем звукового давления от частоты в некоторой фиксированной точке звукового поля (обычно она лежит на рабочей оси), создаваемого громкоговорителем, при постоянном напряжении сигнала на его зажимах.

Вид частотной характеристики определяется условиями испытаний и частично выходным сопротивлением усилителя. Частотная характеристика громкоговорителя снимается обычно на открытом воздухе или в заглушенной камере. При измерениях громкоговоритель устанавливают в стандартный акустический экран или в его собственное акустическое оформление. На рис. 4-17, *а* указаны размеры стандартного акустического экрана, а на рис. 4-17, *б*, *в* — два способа крепления в нем громкоговорителя. Частотная характеристика громкоговорителя в помещении весьма нерегулярна — изменения в уровне на отдельных частотах могут достигать 25 дБ и более; форма частотной характеристики может меняться при перемещении громкоговорителя и измерительного микрофона.

Слишком малое выходное сопротивление усилителя, используемого в испытаниях, может ослабить излучение звуков нижних частот, а слишком высокое обычно приводит к выделению узкой полосы частот вблизи $f_г$.

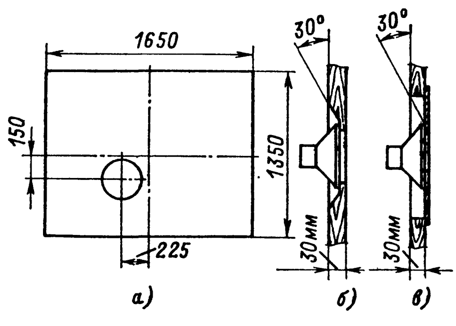


Рис. 4-17.

Номинальный диапазон частот — диапазон звуковых частот, которые могут эффективно воспроизводиться громкоговорителем. Границы этого диапазона определяются частотами, между которыми неравномерность частотной характеристики громкоговорителя, измеренной на его рабочей оси, не превышает заданной величины.

Стандартное звуковое давление $P_{ст}$. Звуковое давление, развиваемое громкоговорителем в точке, лежащей на его рабочей оси на расстоянии 1 м; определяется при подведении к зажимам напряжения, соответствующего мощности 0,1 В·А и номинальному электрическому сопротивлению громкоговорителя

Среднее стандартное звуковое давление $P_{ст.\ ср}$ — среднеарифметическое из значений стандартных звуковых давлений на тех из частот 16, 20, 25 Гц и т. д. через $1/3$ октавы, которые входят в номинальный диапазон частот громкоговорителя.

Громкоговорители, создающие среднее стандартное звуковое давление $P_{ст.\ ср} \geqslant \geqslant 0{,}2$ Па, относятся к громкоговорителям нормальной чувствительности (группа Н); если $P_{ст.\ ср} \geqslant 0{,}3$ Па — это громкоговоритель повышенной чувствительности (группа П); если $P_{ст.\ ср} \geqslant 0{,}4$ Па — это громкоговоритель высокой чувствительности (группа В). Громкоговорители с $P_{ном} < 0{,}1$ В·А согласно ГОСТ должны иметь $P_{ст.\ ср} \geqslant 0{,}1$ Па.

Коэффициент нелинейных искажений — отношение действующего значения суммарного звукового давления на всех частотах, отличных от частоты подводимого к громкоговорителю синусоидального напряжения, к действующему значению звукового давления,

Таблица 4-11

Параметры диффузорных электродинамических громкоговорителей

Тип громкоговорителя	Неравномерность частотной характеристики (не более), дБ	Номинальный диапазон частот, Гц	Среднее стандартное звуковое давление (не менее), Па	Номинальное полное электрическое сопротивление, Ом	Частота механического резонанса, Гц	Размеры, мм
Выпускаемые производством						
0,025ГД-2	18	1 000—3 000	0,15	60,0	500 ± 50	40 × 16,5
0,05ГД-1	18	700—2 500	0,15	60,0	500 — 700	40 × 8,5
0,05ГД-2	18	700—2 500	0,15	6,5	500 — 700	40 × 16,5
0,1ГД-3М	18	630—3 150	0,18	10,0	550 ± 50	50 × 20
0,1ГД-6	18	450—3 150	0,23	10,0	400 ± 50	60 × 27
0,1ГД-9	18	450—3 150	0,18	60,0	450 — 580	50 × 14
0,1ГД-12	18	450—3 150	0,2	10,0	430 ± 50	60 × 27
0,25ГД-1	15	315—3 550	0,25	10,0	310 ± 50	70 × 36,1
0,25ГД-2	15	315—7 000	0,27	10,0	330 ± 70	70 × 34
0,5ГД-10	15	200—6 300	0,23	6,5	200 ± 20	105 × 50
0,5ГД-12	15	200—6 300	0,23	6,5	200 ± 20	105 × 35
0,5ГД-17	15	315—5 000	0,3	8,0	400 ± 70	106 × 70 × 37
0,5ГД-20	15	315—5 000	0,3	8,0	300 ± 50	80 × 34
0,5ГД-21	15	315—7 000	0,3	8,0	300 ± 50	80 × 37
1ГД-4	12	100—10 000	0,3	8,0	120 ± 20; 180 ± 27	150 × 100 × 58
1ГД-3	12	5 000—16 000	0,3	12,5	4 500 ± 1 000	70 × 27
1ГД-5	15	125—7 100	0,2	6,5	120 ± 20	126 × 54
1ГД-18	15	100—10 000	0,18	6,5	100 ± 20; 140 ± 20	155,6 × 97,6 × 48
1ГД-19	15	100—10 000	0,2	6,5	100 ± 20; 140 ± 20	155,6 × 97,6 × 41,3
1ГД-28	15	100—10 000	0,2	6,5	100 ± 20; 140 ± 20	155,6 × 97,6 × 41,3
2ГД-19М	15	100—10 000	0,2	4,5	100 ± 15	152 × 52
2ГД-28	15	100—10 000	0,2	4,5	80 ± 15; 100 ± 15	152 × 52
2ГД-35	15	80—12 500	0,2	4,5	70^{+20}_{-15}; 100 ± 15	152 × 52
3ГД-1	10	200—5 000	0,3	8,0	120 ± 20	150 × 54
4ГД-4	10	63—12 500	0,3	8,0	45 ± 10	202 × 76
4ГД-5	10	63—5 000	0,3	8,0	45 ± 10	202 × 76
4ГД-7	10	63—12 500	0,3	4,5	63^{+15}_{-10}; 90 ± 15	202 × 76
4ГД-9	18	100—8 000	0,25	4,5	120 ± 20	204 × 134 × 54
4ГД-28	15	63—12 500	0,2	4,5	63^{+15}_{-10}; 90 ± 15	202 × 71,5
6ГД-2	10	40—5 000	0,3	8,0	30 ± 5	252 × 106
6ГД-3Т	12	100—10 000	0,4	4,0	70 ÷ 100	160 × 240 × 85
Устаревшие типы						
0,025ГД-1	18	600—4 000	0,15	60,0	—	⌀ 40 × 16,5
0,1ГД-3	16	400—3 000	0,13	6,5	500 ± 50	⌀ 50 × 20,5
0,1ГД-8	18	450—3 000	0,18	10,0	400 ± 40	⌀ 60 × 21,5
0,15ГД-1	—	400—8 000	0,15	6,0	—	⌀ 60 × 22
0,2ГД-1	—	300—10 000	0,18	6,0	—	⌀ 60 × 25
0,25ГД-9	15	300—3 500	0,28	10,0	300 ± 30	⌀ 70 × 36
0,5ГД-11	14	150—7 000	0,23	5,0	150 ± 30	⌀ 105 × 36
0,5ГД-14	15	250—3 500	0,23	28,0	200 ± 30	⌀ 102 × 50
0,5ГД-28	15	250—5 000	0,3	8,0	400 ± 50	106 × 70 × 30
1ГД-1	15	150—5 000	0,25	3,0	140 ± 10	⌀ 150 × 75
1ГД-1РРЗ	15	4 000—13 000	0,40	8,0	1 200 ± 50	⌀ 150 × 63
1ГД-1ВЭФ	15	2 000—15 000	—	2,5	190 ± 60	⌀ 90 × 57
1ГД-2ВЭФ	15	2 000—15 000	—	6,3	190 ± 60	⌀ 90 × 57
1ГД-6	15	100—6 000	0,30	6,5	100 ± 10	⌀ 126 × 63
1ГД-9	14	100—7 000	0,25	6,5	95 ± 15	156 × 98 × 56
1ГД-10	15	120—7 000	0,25	6,5	120 ± 20	156 × 98 × 48
1ГД-11	15	100—7 000	0,28	6,5	100 ± 10 140 ± 10	⌀ 126 × 45
1ГД-12	14	200—10 000	0,25	5,0	175 ± 15	156 × 98 × 41
1ГД-14	14	150—10 000	0,25	5,0	150 ± 30	⌀ 125 × 45
1ГД-20	15	150—7 000	0,30	6,5	150 ± 30	156 × 98 × 60
1ГД-30	15	120—7 000	0,20	6,5	180 ± 30	⌀ 126 × 42

Продолжение табл. 4-11

Тип громкоговорителя	Неравномерность частотной характеристики (не более), дБ	Номинальный диапазон частот, Гц	Среднее стандартное звуковое давление (не менее), Па	Номинальное полное электрическое сопротивление, Ом	Частота механического резонанса, Гц	Размеры, мм
2ГД-3	14	70—10 000	0,25	4,5	80 ± 15 100 ± 10	⌀ 152 × 69
2ГД-4	14	70—10 000	0,23	5,0	80 ± 15 100 ± 10	⌀ 152 × 54
2ГД-7	15	70—10 000	0,23	4,5	80 ± 15 100 ± 15	⌀ 152 × 62
2ГД-8	15	80—8 000	0,23	4,5	100 ± 10	264 × 94 × 58
2ГД-8ВЭФ	15	80—7 000	0,23	3,4	90 ± 10	⌀ 152 × 75
2ГД-19	15	70—10 000	0,20	4,5	80 ± 10 100 ± 10	⌀ 152 × 54
3ГД-2	15	80—6 000	0,3	4,0	80 ± 10	⌀ 202 × 100
3ГД-5ВЭФ	15	100—7 000	0,25	3,4	120 ± 10	⌀ 202 × 90
3ГД-6ВЭФ	15	80—7 000	0,25	3,4	80 ± 10	⌀ 202 × 90
3ГД-7	14	80—7 000	0,25	4,5	90 ± 10	204 × 134 × 77
3ГД-9	14	80—7 000	0,25	5,0	80 ± 10	204 × 134 × 65
3ГД-15	15	1 000—18 000	0,25	4,5	270 ± 30	⌀ 105 × 64
3ГД-16	18	80—8 000	0,25	4,5	80 ± 10	204 × 134 × 67
3ГД-28	18	80—8 000	0,25	4,5	80 ± 10	204 × 134 × 55
4ГД-1	14	60—12 000	0,25	4,5	60 ± 10 80 ± 100	⌀ 202 × 100
4ГД-2	14	60—12 000	0,25	5,0	60 ± 10	⌀ 202 × 80
4ГД-2РРЗ	15	100—12 000	0,3	10,0	100 ± 20	⌀ 200 × 93
4ГД-3	14	70—7 000	0,25	4,5	70 ± 20	⌀ 197 × 96
4ГД-3РРЗ	15	130—12 000	0,3	10,0	130 ± 20	⌀ 200 × 93
5ГД-1РРЗ	15	80—10 000	0,4	4,0	65 ± 10	260 × 180 × 108
5ГД-10	15	50—12 000	0,3	4,5	50 ± 10	⌀ 252 × 126
5ГД-14	14	70—12 000	0,25	4,5	70 ± 10 90 ± 10	254 × 170 × 100
5ГД-18	15	70—12 000	0,25	4,5	70 ± 10 90 ± 10	254 × 170 × 80
5ГД-19	18	100—10 000	0,25	4,5	90 ± 15	254 × 170 × 91
5ГД-28	18	100—10 000	0,25	4,5	90 ± 15	254 × 170 × 68
6ГД-1	15	60—16 000	0,35	1,2	65 ± 10	⌀ 222 × 96
6ГД-1РРЗ	15	60—6 500	0,40	7,0	48 ± 8	327 × 225 × 130
10ГД-17	14	40—8 000	0,30	4,5	50 ± 10	⌀ 295 × 140
10ГД-18	12	50—8 000	0,30	8,0	50 ± 10	324 × 212 × 128
10ГД-28	12	40—6 000	0,3	4,5	40 ± 10	⌀295 × 112

Примечание Указанные в таблице значения параметров соответствуют установке громкоговорителей в стандартном экране (рис. 4-17).

Для громкоговорителей с круглыми диффузорами указан диаметр и высота, а для громкоговорителей эллиптической формы — размеры большой и малой осей эллипса и высота.

развиваемого громкоговорителем на всех частотах, включая частоту подводимого синусоидального напряжения; выражается в процентах.

Нелинейные искажения вызываются главным образом нелинейностью упругости подвесов подвижной системы громкоговорителя и проявляются при относительно больших амплитудах ее колебаний. Искажения этого рода незначительны на средних и верхних звуковых частотах, однако быстро растут при понижении частоты.

Нелинейные искажения вследствие неоднородности магнитного поля в рабочем зазоре при малых амплитудах, как правило, не превышают 1%; при больших амплитудах они обычно велики.

Величина нелинейных искажений во многом определяется типом акустического оформления громкоговорителя. Например, когда громкоговоритель установлен в правильно рассчитанном фазоинверторе, то искажения, вызванные нелинейностью упругости подвесов, уменьшаются.

Если громкоговоритель воспроизводит одновременно звуки низкой f_1 и высокой f_2 частот, то слушатель воспринимает также частотно-модулированный звук, спектр которого содержит боковые частоты $f_2 \pm nf_1$ ($n = 0,\ 1,\ 2...$).

Например, если сигнал содержит частоты $f_1 = 50$ и $f_2 = 5\ 000$ Гц, то вследствие частотной модуляции возникает спектр, содержащий частоты $5\ 000 \pm n\ 50$ Гц. Эти дополни-

тельные частоты называют комбинационными.

Если оценивать искажения вследствие частотной модуляции корнем квадратным из отношения энергии комбинационных частот к общей звуковой энергии, то их величина прямо пропорциональна верхней частоте (в нашем примере 5 000 Гц) и на верхних частотах может достигать 10% и более. Искажения этого вида можно значительно уменьшить применением различных громкоговорителей для воспроизведения нижних и верхних частот (см. стр. 175).

Демпфирование определяет степень точности воспроизведения громкоговорителем коротких звуков. Количественно демпфирование оценивают добротностью полной механической схемы громкоговорителя

$$Q=\frac{2\pi f_2 M}{R}, \qquad (4\text{-}1)$$

где M — сумма масс подвижной системы громкоговорителя и соколеблющегося воздуха; R — сумма механического сопротивления в подвижной системе, сопротивления излучения и приведенных к механической схеме электрического сопротивления катушки громкоговорителя и выходного сопротивления усилителя.

Изменение Q громкоговорителя может быть произведено введением поглощающего материала в футляр, в котором установлен громкоговоритель; изменением выходного сопротивления усилителя или обоими способами. Выходное сопротивление усилителя может быть уменьшено до незначительной величины использованием отрицательной обратной связи. Иногда для улучшения электромагнитного демпфирования применяют положительную обратную связь по току в комбинации с отрицательной обратной связью по напряжению, что позволяет получить выходное сопротивление усилителя равным нулю или даже отрицательным.

Критическое значение демпфирования определяется значением $Q_{крит}$, при котором свободные колебания подвижной системы становятся апериодическими (для громкоговорителя в акустическом экране $Q_{крит}=0{,}5$). Дальнейшее увеличение демпфирования незначительно сказывается на передаче коротких звуков, однако может существенно ослабить нижние частоты.

Простейшие измерения параметров громкоговорителей

Полное электрическое сопротивление. Измерение обычно производится при постоянстве тока в схеме на рис. 4-18.

Сопротивление балластного резистора R_1 должно не менее чем в 20 раз превышать сумму ориентировочной максимальной величины полного электрического сопротивления громкоговорителя *Гр* и выходного сопротивления звукового генератора *ЗГ*. Сопротивление образцового резистора R_2 должно быть известно и иметь один порядок с предполагаемым сопротивлением громкоговорителя. Напряжение, подаваемое на громкоговоритель, должно быть не более напряжения, соответствующего 0,1 его номинальной мощности на частоте 1 000 Гц.

Измерив вольтметром V падение напряжения на резисторе R_2 и на зажимах громкоговорителя, по закону Ома можно определить полное электрическое сопротивление громкоговорителя.

Полная масса подвижной системы M_2. Частота механического резонанса громкоговорителя $f_{г1}$ определяется по максимуму его

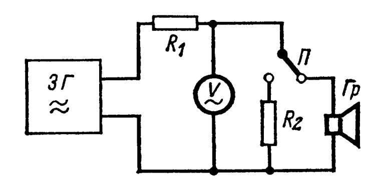


Рис. 4-18.

полного электрического сопротивления на низких частотах. Затем к диффузору прикрепляется известная масса m и находится новая резонансная частота $f_{г2}$; тогда

$$M_г=\frac{mf_{г2}^2}{f_{г1}^2-f_{г2}^2}. \qquad (4\text{-}2)$$

Гибкость подвесов $C_г$ определяется по формуле

$$C_г=\frac{1}{(2\pi f_г)^2 M_г}. \qquad (4\text{-}3)$$

Добротность полной механической схемы громкоговорителя Q определяется по формуле

$$Q=\frac{f_г}{2\Delta f}\,\frac{R_у+R_к}{R_м-R_к}, \qquad (4\text{-}4)$$

где $R_у$ — выходное сопротивление усилителя; $R_к$ — сопротивление катушки громкоговорителя постоянному току; $R_м$ — полное электрическое сопротивление громкоговорителя на частоте $f_г$; $2\Delta f$ — ширина резонансного пика полного сопротивления на уровне — 3 дБ (0,707) по отношению к $R_м$.

4-6. РАСЧЕТ И КОНСТРУИРОВАНИЕ АКУСТИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Общие положения

Звуковоспроизведение с качеством по классам IV и III можно получить, применяя один громкоговоритель. Включая параллельно два громкоговорителя с различными частотами механического резонанса подвижной системы (например, 2ГД35-70 и 2ГД35-100, имеющие $f_г=70$ и 100 Гц соответственно), можно существенно улучшить частотную характеристику звуковоспроизводящего устройства. Подобное включение громкоговорителей применяют, в частности, в звуковоспроизводящей аппаратуре класса II.

Таблица 4-12

Преимущественное использование громкоговорителей

Номер рабочего диапазона по ГОСТ 9010-67	Рабочий диапазон частот не уже, Гц	Неравномерность частотной характеристики не более, дБ	Номинальная мощность, В·А	Преимущественное использование	
1	450—3 150	18	0,05—0,1	Малогабаритные переносные приемники	
2	315—3 550	15	0,1—0,5	Переносные приемники и магнитофоны класса IV	
3	315—5 000				
4	200—6 300		0,5—1,0	Звуковоспроизводящие устройства класса III и IV	
5	125—7 100				
6	100—10 000	12	1,0—3,0	Звуковоспроизводящие устройства класса II	
7	80—12 500				
8	63—12 500	10	3,0—8,0	Звуковоспроизводящие устройства классов I и высший	
9	80—12 500				
10	40—5 000			Звуковоспроизводящие устройства классов I и высший	Нижнечастотные громкоговорители
11	63—5 000				
12	200—5 000				Среднечастотные громкоговорители
13	5 000—16 000		1,0—3,0		Верхнечастотные громкоговорители
14	1 000—12 500				
15	125—7 100	18	4,0	Автомобильные приемники	
16	100—10 000		6,0		

Звуковоспроизведение с качеством, соответствующим классам I и высший, может быть получено при использовании излучающей акустической системы с разделением рабочего диапазона частот на 2—3 полосы, каждая из которых воспроизводится отдельным громкоговорителем или группой громкоговорителей.

При выборе параметров громкоговорителей для звуковоспроизводящей аппаратуры различных классов можно ориентироваться данными табл. 4-12. Окончательное решение о применимости тех или иных громкоговорителей принимают после расчета акустического оформления громкоговорителя (или акустической системы).

Акустическим оформлением громкоговорителя (излучающей системы, состоящей из группы громкоговорителей) называют футляр (ящик) или иную конструкцию, в которой громкоговоритель устанавливается.

В случае монофонической радиолы, магнитофона, телевизора акустическое оформление громкоговорителя в большинстве случаев представляет собой футляр, в котором смонтированы и остальные блоки и конструктивные узлы аппаратуры.

Применяется также выносное акустическое оформление громкоговорителей, особенно в стереофонических устройствах. При этом громкоговорители располагают в отдельных от остальных частей аппаратуры футлярах или на акустических экранах в виде деревянных щитов.

Важнейшим назначением акустического оформления является защита передней стороны диффузора громкоговорителя от звуковых волн, излучаемых его задней стороной. От эффективности этой защиты в большой степени зависит нижняя граница рабочего диапазона частот звуковоспроизводящего устройства.

Громкоговорители в РВ приемниках и радиолах. В переносном приемнике класса IV используется обычно динамический громкоговоритель с большим стандартным звуковым давлением. Из-за небольших размеров такой громкоговоритель не может эффективно излучать звуки наиболее низких частот.

Частотная характеристика переносных приемников, как правило, имеет некоторый подъем к верхним частотам и резкий спад после 3 000—4 000 Гц для увеличения акустического отношения сигнал/шум.

В стационарном радиовещательном приемнике (радиоле) громкоговоритель размещается в ящике с картонной, перфорированной, т. е. по существу открытой, задней крышкой вместе с приемно-усилительной частью. Обострение характеристики направленности громкоговорителя на верхних частотах приводит к уменьшению в звуковом поле перед громкоговорителем доли отраженных от по-

верхностей помещения звуковых волн и часто весьма неприятно для слуха. Поэтому в радиовещательных приемниках классов I и высший кроме двух основных громкоговорителей, расположенных на фронтальной стенке ящика и излучающих звуки нижних и средних частот, часто имеется два или более верхнечастотных громкоговорителя, ориентированных под разными углами. Это приводит к расширению характеристики направленности на верхних частотах и к увеличению доли отраженной звуковой энергии, что часто связывают с понятием «объемное звучание».

Громкоговорители в телевизорах. В телевизионном приемнике большую часть фронтальной панели занимает экран кинескопа, поэтому громкоговоритель часто располагают на боковой поверхности ящика, что ухудшает качество звуковоспроизведения. В телевизионных приемниках класса I применяют систему из двух громкоговорителей — нижнечастотного, устанавливаемого на боковой поверхности ящика, и эллиптического верхнечастотного, размещаемого на фронтальной панели рядом с экраном.

В телевизионных приемниках, имеющих кинескопы с большим углом отклонения, громкоговорители устанавливают обычно на фронтальной панели, так как боковое расположение приводит к усилению воздействия полей рассеяния магнитных систем громкоговорителей на качество изображения.

Расчет акустического экрана

Совершенное разделение излучений передней и задней сторон диффузора громкоговорителя дает размещение его в бесконечно большом экране. Подобный же эффект получается, когда задняя сторона диффузора излучает звук в большой, хорошо задемпфированный поглощающим материалом объем.

Частотная характеристика громкоговорителя в бесконечном экране в нижней части его рабочего диапазона горизонтальна вплоть до $f_г$, если $Q = 1$. При критическом демпфировании ($Q = 0,5$) акустическая мощность громкоговорителя на частоте $f_г$ падает на 3 дБ. При $Q > 1$ частотная характеристика громкоговорителя имеет подъем на частоте резонанса или несколько выше.

При конечных размерах отдельно стоящего акустического экрана наименьшая его сторона при заданной нижней граничной частоте $f_н$ [Гц] должна иметь размер d [м], определяемый по формуле

$$d = \frac{60 \div 170'}{f_{низш}}. \qquad (4\text{-}5)$$

Так, например, для выполнения наиболее строгих требований, т. е. принимая в числителе коэффициент 170′, при частоте $f_н = 80$ Гц необходимо иметь $d > 2,1$ м. На частотах ниже $f_н$ громкоговоритель ведет себя как излучатель без акустического оформления (на его работу экран практически не влияет), демпфирование громкоговорителя мало и нелинейные искажения велики.

Вместе с тем излучаемые задней стороной диффузора звуковые волны более высоких частот отражаются от потолка, стен и интерферируют с волнами, излучаемыми передней стороной, что приводит к значительному увеличению неравномерности звукового поля. Кроме того, отдельно стоящему акустическому экрану трудно придать эстетический вид.

Лучше всего монтировать громкоговоритель на экране, имеющем форму треугольника, который располагают в вершине трехгранного угла, образуемого двумя стенами и потолком (на рис. 4-19, *а* цифрой *1* обозначено отверстие для основного громкоговорителя, а цифрой *2* — для верхнечастотного). При этом излучение на нижних частотах концентрируется в наименьшем телесном

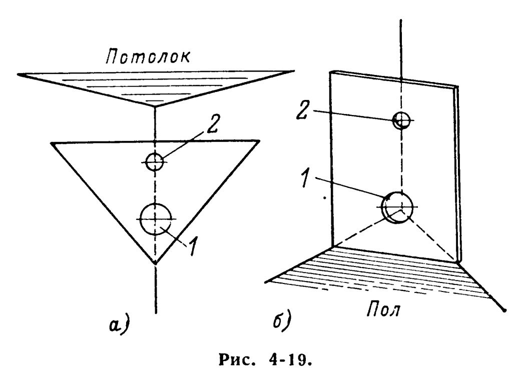


Рис. 4-19.

угле (π/2 ср). Однако при таком расположении громкоговорителя обостряется характеристика направленности на верхних звуковых частотах, поэтому если нет возможности улучшить распределение звуковой энергии дополнительным верхнечастотным громкоговорителем, следует ориентировать громкоговоритель на сравнительно небольшую зону слушания, ограниченную углом 15° от оси громкоговорителя, или не ориентировать его на слушателей, компенсируя ослабление верхних частот коррекцией в усилителе.

Другое выгодное положение громкоговорителя, на прямоугольном экране в вершине двугранного угла, образованного двумя стенами комнаты, изображено на рис. 4-19, *б*; стены, образующие угол, должны быть по возможности отражающими.

Расстояние от центра громкоговорителя до верхнего края экрана рассчитывается по формуле (4-5). Качество звуковоспроизведения улучшается, если в комнате имеется мягкая мебель, тяжелые занавеси, ковры.

Слушатели должны размещаться не ближе 1,5 м от громкоговорителя; для двух- и трехполосной системы это расстояние увеличивается.

Расчет футляра без задней стенки

Этот тип акустического оформления трактуется как неплоский экран, фронтальные размеры которого уменьшены за счет бо-

ковых сторон. Основная частота резонанса такого футляра

$$f_я = \frac{170}{l + \sqrt{S}}, \qquad (4\text{-}6)$$

где l — глубина ящика, м; S — площадь отверстия, м². Увеличение акустической мощности на основной частоте резонанса на 3—6 дБ при сравнительно плоских и 6—10 дБ при глубоких футлярах придает изучаемому звуку неестественный тембр. Если $f_я = f_г$, то увеличение акустической мощности на нижних частотах наиболее значительно. Целесообразно использовать громкоговоритель с частотой резонанса ниже частоты резонанса ящика; наиболее часто встречается соотношение $f_г/f_я = 0{,}5 \div 0{,}7$.

Футляр без задней крышки как акустическое оформление в высококачественных системах воспроизведения в настоящее время не используют. Если же нет альтернативы, то футляр должен быть возможно более плоским. Футляр без задней крышки с громкоговорителем следует располагать не ближе 20 см от стены, которую рекомендуется задемпфировать тяжелым ковром. Если громкоговоритель должен быть размещен вдоль одной из стен, то желательно вдоль короткой, ближе к ее середине.

Расчет закрытого футляра

Установка громкоговорителя в закрытом футляре достаточно большого объема позволяет получить удовлетворительное воспроизведение нижних частот, так как передняя сторона диффузора полностью защищается от излучения задней стороны. Это приводит к более медленному уменьшению акустической мощности на нижних частотах, чем при установке громкоговорителя в акустическом экране конечных размеров.

Частоту резонанса громкоговорителя, установленного в закрытом футляре средних размеров $f_р$ при условии, что громкоговоритель занимает менее трети площади стенки, на которой он укреплен, определяют в следующем порядке:

1) определяют гибкость подвесов подвижной системы громкоговорителя $C_г$ (см. стр. 168);

2) вычисляют гибкость объема воздуха в футляре по формуле

$$C_в = \frac{2{,}5 \cdot 10^{-5} V}{d_г^4}, \qquad (4\text{-}7)$$

где V — объем воздуха в футляре, м³, равный его внутреннему объему за вычетом объема громкоговорителя, который в первом приближении равен $0{,}4\, d^4$; d — диаметр диффузора, м;

3) по отношению $C_г/C_в$ с помощью номограммы на рис. 4-20 определяют отношение $f_р/f_г$, обеспечиваемое футляром данного объема V. Частоту механического резонанса громкоговорителя в акустическом экране можно взять из табл. 4-11 или измерить, как указано на стр. 168.

Если нужно с имеющимся громкоговорителем получить акустическую систему в виде закрытого футляра с резонансной частотой $f_р$, то требуемый объем футляра определяют в следующем порядке:

1) берут значение резонансной частоты громкоговорителя $f_г$ в акустическом экране из табл. 4-11 или измеряют ее, как указано на стр. 168;

2) определяют гибкость подвесов подвижной системы громкоговорителя $C_г$;

3) задавшись желаемым отношением $f_р/f_г$, определяют по графику на рис. 4-20 соответствующее ему отношение $C_г/C_в$ и находят требуемую гибкость объема воздуха $C_в$ в закрытом футляре;

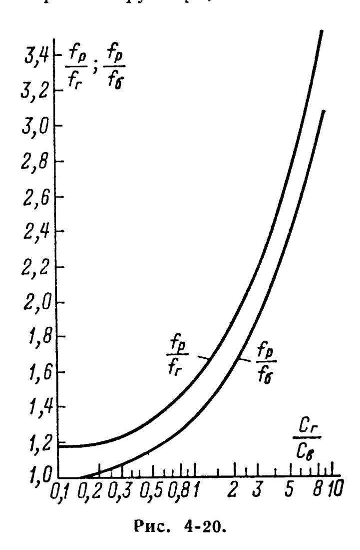


Рис. 4-20.

4) вычисляют требуемый объем воздуха внутри футляра в кубических метрах по формуле

$$V = 0{,}4 \cdot 10^5 C_в d_г^4. \qquad (4\text{-}8)$$

Полный внутренний объем футляра получают, добавив к вычисленному значению V объем громкоговорителя.

Если значение $f_г$ неизвестно или затруднительно его определить в акустическом экране достаточно большого размера, то можно измерить частоту механического резонанса громкоговорителя $f_б$ без экрана и при расчете пользоваться кривой $f_р/f_б$ на рис. 4-20.

Приведенный расчет справедлив лишь для частот $f < 40/l$ (l — глубина футляра в метрах). В связи с этим заднюю сторону диффузора громкоговорителя в закрытом футляре нужно защищать от отраженных внутренними стенками звуковых волн, соответствующих более высоким частотам, покрытием этих стенок звукопоглощающим материалом (см. стр. 173).

Габариты закрытого футляра можно уменьшить, заполнив его стекловатой или другим подобным материалом. Такое заполнение равносильно увеличению объема футляра на 40%.

Если полученная расчетом частота $f_р$ достаточно низка, то громкоговоритель должен иметь $Q \approx 1$. Если же частота $f_р$ недопустимо высока, то хорошие результаты получаются при снижении добротности до значения $Q \approx 0,1$; при этом, конечно, необходим подъем нижних частот в усилителе примерно на 6 дБ/октава начиная с частоты

$$f = \frac{260}{d_г}. \qquad (4\text{-}9)$$

Расчет фазоинвертора

Фазоинвертор представляет собой футляр *1* (рис. 4-21) с дополнительным отверстием *3*, расположенным рядом с укрепленным на той же стенке громкоговорителем *2* и имеющим площадь, как правило, равную площади диффузора. Задавшись глубиной фазоинверсного отверстия, отношением его сторон, подсчитав эффективную площадь диффузора (определяющую площадь отверстия) и принимая резонансную частоту фазоинвертора $f_ф = f_г$, по номограмме на рис. 4-22 можно определить требуемый объем футляра.

расстояние от конца туннеля до задней стенки ящика не должно быть менее $d_г/2$.

На частоте $f_ф$ фазоинвертор можно рассматривать как акустический трансформатор,

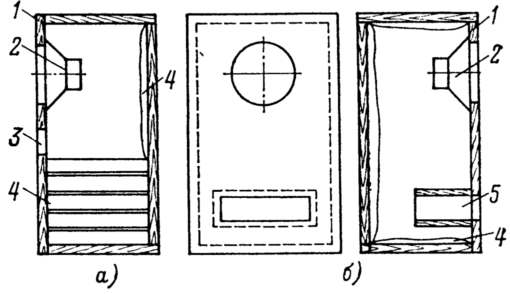


Рис. 4-21.

улучшающий согласование громкоговорителя с воздушной нагрузкой. Хотя акустическая мощность, отдаваемая передней стороной диффузора, уменьшается на этой частоте, общая акустическая мощность может возрасти значительно. Вместе с тем существенно уменьшаются нелинейные ис-

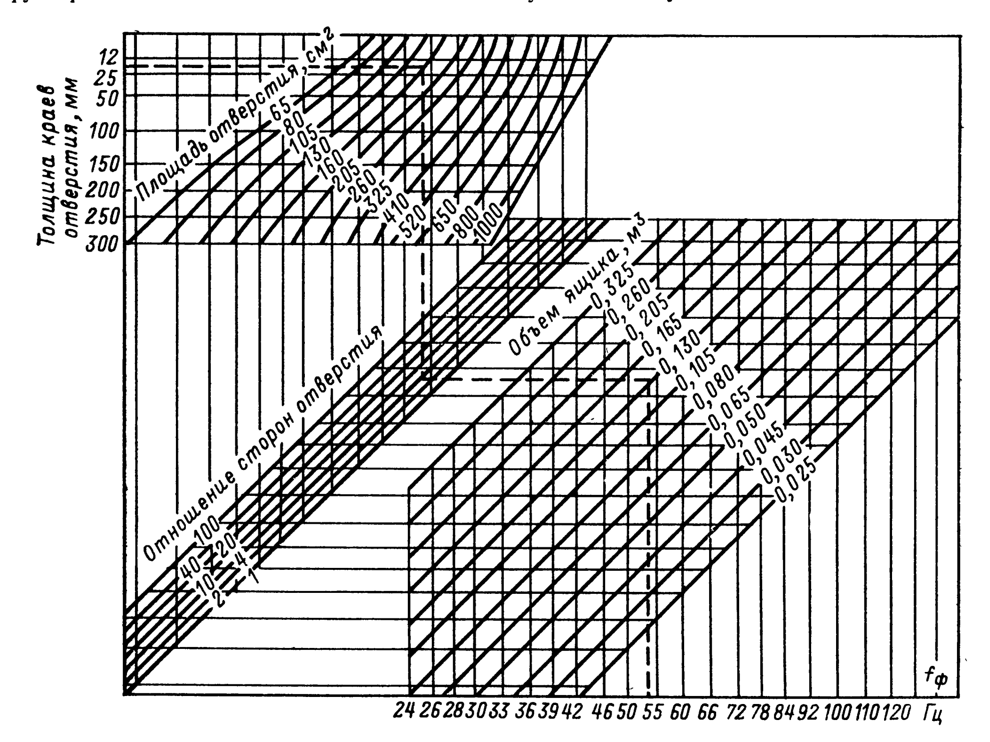


Рис. 4-22.

Глубина фазоинверсного отверстия может варьироваться от толщины стенки футляра (рис. 4-21, *а*) до величины, приблизительно равной $\frac{30}{f_ф}$ при использовании туннеля *5* (рис. 4-21, *б*). Значительная длина туннеля позволяет применить маленький ящик, однако

кажения и увеличивается номинальная мощность громкоговорителя вследствие уменьшения амплитуды смещения диффузора.

На частотах ниже $f_ф$ реакция гибкости воздушного объема увеличивается и образует жесткую связь между массой воздуха в отверстии и массой подвижной системы громко-

говорителя. Масса воздуха, таким образом, прибавляется к массе подвижной системы и вместе с гибкостью подвесов образует механический контур с резонансной частотой $f_1 < f_ф$. Когда диффузор на этой частоте смещается вперед, воздух в отверстии движется назад (и наоборот) и эффективность излучения ничтожна.

На частотах выше $f_ф$ сопротивление массы воздуха в отверстии становится высоким и фазоинвертор можно рассматривать как полностью закрытый футляр. Жесткость воздушного объема прибавляется к жесткости подвесов и вместе с массой подвижной системы образует контур с резонансной частотой $f_2 > f_ф$. Излучение фазоинверсным отверстием на частоте f_2 весьма мало.

Полное электрическое сопротивление громкоговорителя $r_г$ в фазоинверторе имеет обычно два максимума (сплошная кривая на рис. 4-23) на частотах f_1 и f_2, расположенных

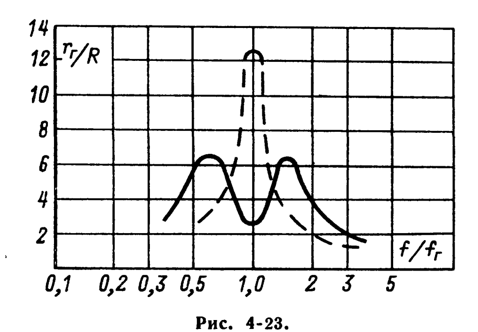


Рис. 4-23.

по обе стороны от частоты резонанса громкоговорителя в плоском акустическом экране $f_г$ (штриховая линия на рис. 4-23, где R — сопротивление катушки громкоговорителя постоянному току).

Пики полного сопротивления громкоговорителя в фазоинверторе существенно ниже пика громкоговорителя в акустическом экране, однако соответствующие им значения Q_1 и Q_2 выше $Q_г$ — громкоговорителя в акустическом экране. Этот недостаток особенно сильно проявляется на частоте f_1, так как увеличение скорости движения диффузора приводит к увеличению нелинейных искажений, заметности которых способствует отсутствие полезного излучения на этой частоте. С этим явлением можно бороться ограничением выходной мощности усилителя на частотах, близких к f_1.

Если желательно, чтобы частотная характеристика громкоговорителя в фазоинверторе была горизонтальна в нижней части рабочего диапазона частот, начиная от $f_г$, то необходимо выполнить условие $Q_г = 0{,}6$.

При увеличении $Q_г$ значение Q_2 возрастает, а значение $Q_ф$ уменьшается и это вызывает неравномерность частотной характеристики. Если уменьшить $Q_г$ нет возможности, то необходимо хотя бы подавить пик частотной характеристики на частоте f_2, возникающий при $Q_г > 0{,}6$. Это достигается введением в ящик звукопоглощающего материала 4 (см. рис. 4-21). Иногда весь объем заполняют стекловатой. В этом случае площадь фазоинверсного отверстия, полученную расчетом по номограмме на рис. 4-22, следует увеличить в 2,5 раза.

Введение в фазоинвертор большого количества звукопоглощающего материала приводит к ослаблению излучения нижних частот, и при желании продлить характеристику в сторону этих частот, хотя бы до $f_г$, следует обеспечить существенный подъем нижних частот в усилителе.

Настройка фазоинвертора производится изменением площади отверстия (например, пластиной, укрепленной так, чтобы ее поворот изменял площадь отверстия) или глубины туннеля. Необходимо стремиться к тому, чтобы частотный интервал, разделяющий резонансные пики полного сопротивления, не отличался значительно от октавы; амплитуды пиков были равны; любые дополнительные пики, вызванные возникновением стоячих волн в ящике, ликвидировались путем добавления демпфирующего материала.

Преимущество фазоинвертора в сравнении с закрытым ящиком того же объема состоит в увеличении акустической мощности приблизительно на 5 дБ в диапазоне от одной до двух октав и в уменьшении нелинейных искажений в диапазоне частот $f_ф$ — $2f_ф$ при той же акустической мощности.

Недостатком фазоинвертора являются более быстрое уменьшение акустической мощности на частотах ниже $f_ф$, чем в закрытом ящике, и необходимость настройки.

Конструирование футляров

В футляре, где смонтирован громкоговоритель, на одной или нескольких частотах звукового диапазона возможен резонанс, приводящий к неприятному изменению тембра звуковоспроизведения. Это явление проявляется наиболее сильно в частично или полностью закрытых футлярах.

Уменьшению вибраций стенок способствует применение материалов с большой плотностью. Используемая для этих целей фанера должна иметь толщину не менее 20 мм. Хороший результат дает сухой речной песок, засыпаемый между двумя тонкими фанерными листами. Стенки, в особенности задняя и частично передняя, должны быть усилены деревянными брусками. Возможно использование древесно-стружечной плиты.

Демпфирование стенок футляра. Внутренние поверхности футляра *1* (рис. 4-24) покрыты слоем звукопоглощающего материала *6* толщиной не менее 10 мм (или одна из пар параллельных поверхностей слоем двойной толщины). Однако стоячие волны на нижних частотах при этом не устраняются.

Лучший результат дает разделение объема футляра одной или несколькими звукопоглощающими перегородками *2*, например, из войлока толщиной 5—10 мм. Секции ящика, которые отделены от громкоговори-

теля одной или несколькими перегородками, в этом случае требуют очень слабой акустической обработки. Верхнечастотный громкоговоритель *4* должен быть защищен от излучения задней стороны диффузора нижнечастотного громкоговорителя несколькими слоями звукопоглощающего материала, или металлическим колпаком *5*. Нижнечастотный громкоговоритель *3* размещается внизу футляра.

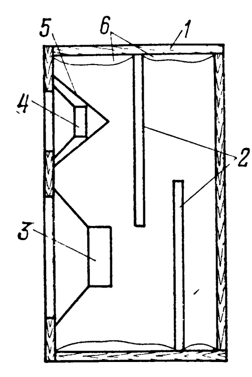


Рис. 4-24.

Размещение громкоговорителя. Отверстие, в котором размещается громкоговоритель, ведет себя как труба, длина которой равна толщине стены или доски. Резонансы и антирезонансы этой трубы, а также отражения от краев отверстия вызывают неравномерность частотной характеристики. Очевидные рекомендации: скашивание краев отверстия или установка громкоговорителя в более тонком экране, который затем размещается в стене или в экране нормальной толщины.

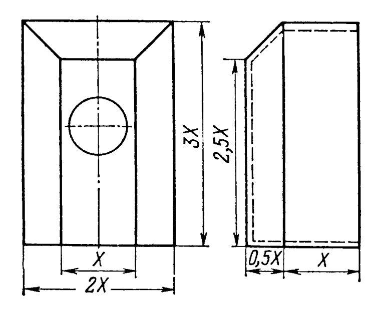


Рис. 4-25.

Форма ящика. На нижних частотах громкоговоритель излучает сферические волны, и ребра ящика, особенно те, которые составляет фронтальная стенка, образуют препятствия на пути звуковых волн. Это вызывает искривление фронта волны (дифракцию) и вторичное излучение от ребер, что приводит к возникновению интерференционных явлений, вызывая появление на частотной характеристике пиков и провалов до $\pm$ 5 дБ. С точки зрения борьбы со вторичным излучением идеальная форма — сфера, худшая — куб с громкоговорителем в центре одной из сторон. Прямоугольный параллелепипед с громкоговорителем, размещенным ближе к одной из коротких сторон — предпочтительнее куба. Однако лучшее приближение к идеалу дает прямоугольная усеченная пирамида, поставленная на прямоугольный параллелепипед (рис. 4-25). При любой форме желательно, чтобы ящик имел различные значения линейных размеров; ни один из линейных размеров не был много больше или много меньше других; наибольший размер ящика не должен превышать $^1/_4$ длины волны нижней частоты рабочего диапазона.

Декоративная ткань не должна вызывать значительных потерь акустической мощности. Наиболее пригодна ткань из твердых, крепких (хлопчатобумажных или пластиковых) свободно переплетенных нитей. Применение тканей из мягких и пушистых нитей нежелательно.

Соединение в группы и фазирование громкоговорителей

Групповое соединение образуют несколько одинаковых громкоговорителей, размещенных близко один к другому в одном акустическом экране. Группа громкоговорителей имеет большую площадь излучения на нижних частотах (что потребовало бы при использовании одного громкоговорителя значительного увеличения размеров и массы подвижной системы); вместе с тем сохраняются преимущества отдельного громкоговорителя со сравнительно легкой подвижной системой с точки зрения переходного режима и воспроизведения высоких частот.

Сопротивление воздуха излучению каждого громкоговорителя группы возрастает на нижних частотах в n раз (n — число громкоговорителей в группе). Это позволило бы получить значительный выигрыш в акустической мощности, если бы одновременно не увеличивалась в $\sqrt{n}$ раз масса соколеблющегося воздуха. В результате при $n = 2 \div 4$ акустическая мощность увеличивается значительно, но все же не в n раз (при той же электрической мощности), а дальнейшее возрастание n выигрыша почти не дает.

Увеличение массы соколеблющегося воздуха понижает частоты резонанса каждого громкоговорителя группы и, следовательно, расширяет рабочий диапазон частот, особенно значительно при большом n.

Наиболее удовлетворительное соединение громкоговорителей в группу — параллельное; тогда Q системы не будет отличаться от $Q_г$. Если необходимо, чтобы сопротивление группы было равно сопротивлению одного громкоговорителя, то с точки зрения лучшего Q группы лучше применить последовательно-параллельное соединение громкоговорителей (число которых должно быть равно n^2, где $n = 1, 2, 3 \ldots$). При любом соединении громкоговорителей в группу они должны быть правильно сфазированы: при подключении источника постоянного тока (например, низко-

вольтной батареи) к входным зажимам диффузоры всех громкоговорителей должны смещаться в одном направлении. Изменение направления смещения диффузора громкоговорителя производится изменением порядка включения его входных концов.

Если размещение группы громкоговорителей в закрытом ящике встречает затруднение — требуемый объем футляра по расчету получается недопустимо большим, то громкоговорители можно разместить в малом акустическом экране или ящике меньшего объема, заполненном поглощающим материалом, компенсируя ослабление излучения на нижних частотах соответствующей коррекцией в усилителе.

К недостаткам группового соединения относится значительная нерегулярность частотной характеристики и характеристики направленности на верхних частотах.

Двух- и трехполосные акустические системы

Выбор громкоговорителей. Звуковоспроизведение с качеством по классу I обычно можно получить, применяя широкополосный громкоговоритель, например 4ГД4, 4ГД7 или 4ГД28, либо разделяя полный диапазон частот, соответствующий этому классу, на две полосы. Для обеспечения звуковоспроизведения с качеством по классу «высший» встречается необходимость разделять полный диапазон на три полосы.

Номинальный диапазон частот громкоговорителя, предназначаемого для воспроизведения той или иной полосы, должен быть шире этой полосы на две октавы при использовании фильтров с крутизной 6 дБ/октава и на одну октаву при использовании фильтров с крутизной 12 дБ/октава. Частоту разделения двухполосной системы выбирают обычно от 400 до 1 200 Гц. В трехполосной системе нижнечастотное звено может работать до 300—600 Гц, среднечастотное — до 2 000—5 000 Гц.

Вблизи частоты разделения часто возникают значительные искажения, вызванные совместной работой громкоговорителей. Если расстояния от каждого из громкоговорителей до слушателя неравны, то частотная характеристика системы может иметь значительную неравномерность, определяемую фазовыми соотношениями приходящих сигналов.

Разделительные фильтры. Наиболее простое подключение верхнечастотного громкоговорителя — через конденсатор, защищающий верхнечастотный громкоговоритель от перегрузки на нижних частотах. Такое включение применяется, когда основной громкоговоритель имеет недостаточно широкий частотный диапазон. Емкость конденсатора рассчитывается по формуле

$$C=\frac{160\cdot 10^3}{f_р r_р},\ мкФ, \qquad (4\text{-}10)$$

где $f_р$ — частота разделения, Гц; $r_р$ — полное сопротивление громкоговорителя на частоте $f_р$, Ом.

При правильно построенном фильтре каждый громкоговоритель должен работать лишь в той области частот, на которую он рассчитан. Потери в фильтре в полосе пропускания должны быть минимальными.

Индуктивности и емкости фильтра при различной крутизне среза, которая определяется как изменение затухания при изменении частоты на октаву, вычисляются по следующим формулам.

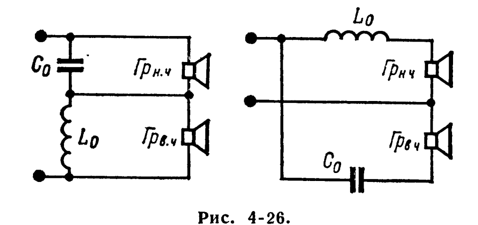


Рис. 4-26.

Для крутизны спада 6 дБ/октава (фильтр по схеме на рис. 4-26)

$$\left.\begin{aligned} L_0&=\frac{160 r_р}{f_р};\\ C_0&=\frac{160\cdot 10^3}{f_р r_р};\end{aligned}\right\} \qquad (4\text{-}11)$$

для крутизны спада 12дБ/октава (фильтр по схеме на рис. 4-27)

$$\left.\begin{aligned} L_1&=\frac{131 r_р}{f_р};\\ L_2&=\frac{225 r_р}{f_р};\\ C_1&=\frac{225\cdot 10^3}{f_р r_р};\\ C_2&=\frac{113\cdot 10^3}{f_р r_р}.\end{aligned}\right\} \qquad (4\text{-}12)$$

В формулах (4-11) и (4-12) индуктивности имеют размерность миллигенри и емкости — микрофарад.

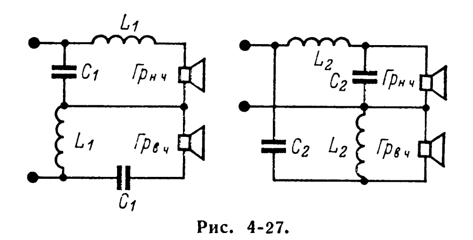


Рис. 4-27.

На основе расчета выбирают конденсаторы с ближайшими большими номинальными стандартными емкостями. Для подбора емкости возможно параллельное соединение нескольких конденсаторов. Очевидно, что при отклонении емкости конденсатора от полученной расчетом величины частота разделения будет отличаться от заданной.

Если для фильтра нужны емкости порядка десятков микрофарад и выше, то с целью уменьшения его габаритов целесообразно использовать электролитические конденсаторы. Так как последние полярны, а будут работать в цепи переменного тока, то в каждом звене фильтра придется применить по два встречно включенных конденсатора, каждый из которых должен иметь емкость, возможно более близкую к полученной расчетом. В звеньях разделительного фильтра бестрансформаторного транзисторного усилителя можно применить по одному электролитическому конденсатору, соблюдая правильную полярность их включения.

Фильтр для трехполосного акустического агрегата (рис. 4-28) представляет собой комбинацию двух рассмотренных выше фильтров. Первый отделяет нижнечастотную область от среднечастотной; последняя затем

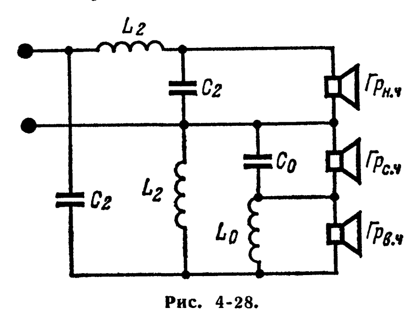


Рис. 4-28.

делится вторым фильтром. Оба фильтра не должны иметь одинаковую крутизну среза; они должны лишь рассчитываться для одного сопротивления.

Методика расчета разделительных фильтров базируется на предположении равенства и активного характера громкоговорителей в разделяемых полосах. Так как полное сопротивление громкоговорителя на частоте разделения может иметь значительную индуктивную составляющую, во избежание частотных искажений в области перекрытия следует учитывать при расчете индуктивность средне- и нижнечастотного громкоговорителей как часть фильтра, т. е. изготовлять катушку фильтра, включаемую последовательно с громкоговорителем, с индуктивностью меньше расчетной на индуктивность громкоговорителя.

Если сопротивления громкоговорителей в звеньях многополосной системы не равны, то следует попытаться подобрать равные сопротивления звеньев путем группового соединения (допустимо последовательное соединение верхнечастотных громкоговорителей).

Параллельное соединение двух-трех верхнечастотных громкоговорителей дает возможность использовать их в сочетании практически с любым нижечастотным громкоговорителем. Возможное расхождение в величинах полных сопротивлений звеньев акустической системы может быть устранено увеличением входного сопротивления верхнечастотного звена с помощью делителя напряжения из резисторов.

Если в двух- или трехзвенной системе используется несколько верхнечастотных громкоговорителей (например, 1ГД-3), то их следует располагать в футляре так, чтобы угол между их осями в горизонтальной плоскости имел величину около 20—30°.

Если же в многополосной звуковоспроизводящей системы используется только один верхнечастотный громкоговоритель, имеющий полное сопротивление больше, чем у громкоговорителя нижнечастотного звена, то с целью выравнивания сопротивления нагрузки разделительного фильтра в области верхних частот верхнечастотный громкоговоритель следует шунтировать резистором соответствующего сопротивления.

Стереофонические акустические системы

Громкоговорители двухканальной стереофонической системы должны быть строго идентичны. Их следует располагать в соответствии с рис. 4-29, где зона оптимального

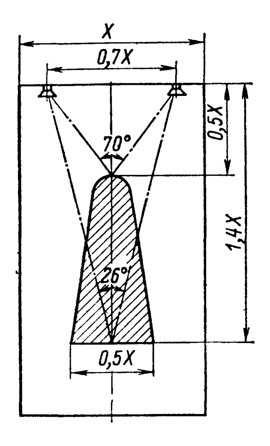


Рис. 4-29.

стереофонического эффекта заштрихована. Ориентирование громкоговорителей зависит от их характеристик направленности и должно быть определено экспериментально. Оси громкоговорителей не должны пересекаться в зоне расположения слушателей.

4-7. РЕВЕРБЕРАТОРЫ

Основные характеристики

Реверберацией называется остаточное звучание (послезвучание), наблюдаемое в помещениях после прекращения действия источника звука, в результате многократных отражений звуковых волн от стен, потолка, пола и других поверхностей. Если же источник звука продолжает излучать колебания, то звуковое поле в помещении представляет собой совокупность прямого звука и многократных отражений. Реверберация субъективно оценивается как гулкость звучания.

Ревербератор представляет собой устройство, имитирующее описанное явление. С этой целью на воспроизводимый сигнал накладывается последовательность его запаздывающих повторений (эхо-сигналов) с постепенно убывающим по мере нарастания времени запаздывания уровнем.

Структурная схема звукового тракта с ревербератором P приведена на рис. 4-30.

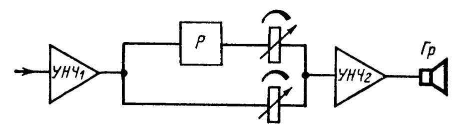


Рис. 4-30.

Основными характеристиками ревербератора являются следующие.

Импульсная реакция — зависимость напряжения на выходе ревербератора от времени при напряжении на входе в виде короткого импульса. Если интервалы времени между следующими друг за другом эхо-сигналами превышают 0,05 с, то на реальном сигнале они могут восприниматься слушателем раздельно («флаттер-эффект»), что оценивается как дефект искусственной реверберации, так как в помещении эти интервалы существенно меньше и отдельные эхо-сигналы объединяются в слуховом восприятии. Звучание ревербератора весьма неприятно, если его импульсную реакцию составляют эхо-сигналы, следующие через равные интервалы времени— явление, практически невозможное в помещении.

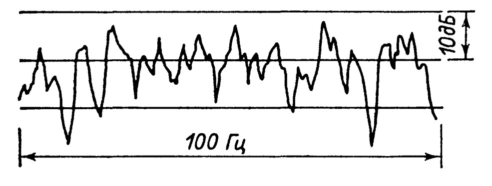


Рис. 4-31.

Время реверберации $T_р$ — время, в течение которого напряжение на выходе ревербератора после выключения источника стационарного сигнала на его выходе уменьшается в 1 000 раз (на 60 дБ) от первоначального значения. Убывание напряжения должно происходить по экспоненциальному закону, так же как в идеальном случае убывает звуковая энергия в помещении после выключения источника стационарного звукового сигнала.

Эффект искусственной реверберации можно регулировать изменением времени искусственной реверберации, т. е. скорости убывания уровня эхо-сигналов, создаваемых ревербератором или изменением соотношения уровней прямого и реверберационного сигналов (производится двумя потенциометрами в схеме на рис. 4-30). Оба способа регулировки дают в некоторых пределах одинаковое изменение гулкости звучания. Это дает возможность в простых ревербераторах пользоваться регулировкой второго рода, что значительно упрощает конструкцию.

Частотная характеристика — зависимость напряжения на выходе ревербератора от частоты при постоянном напряжении на входе.

Частотная характеристика помещения (рис. 4-31) существенно зависит от положений громкоговорителя и измерительного микрофона. Частотная характеристика большого помещения имеет нерегулярно расположенные на частотной шкале пики, которые в среднем распределены с интервалом $4/T_р$ Гц, а перепад между пиками и провалами достигает 25 дБ и более.

Для того чтобы достаточно хорошо имитировать акустические условия большого помещения, плотности пиков частотных характеристик ревербератора и помещения должны быть сравнимы.

Существует несколько систем ревербераторов: магнитный, листовой, пружинный и др. Ниже описывается пружинный ревербератор, поскольку он имеет небольшие размеры, относительно дешев, не сложен конструктивно и поэтому доступен для изготовления в любительских условиях.

Принцип работы пружинного ревербератора

Основой пружинного ревербератора является линия задержки, состоящая из двух преобразователей (датчика и приемника механических колебаний) и натянутой между ними цилиндрической пружины (см. структурную схему пружинной линии задержки на рис. 4-32).

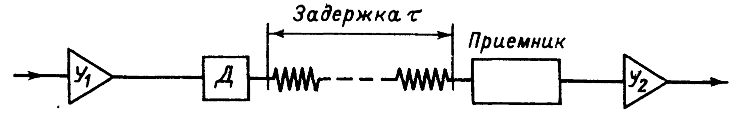


Рис. 4-32.

Входной сигнал, усиленный усилителем $У_1$, сообщает колебательные движения крутильного типа подвижному элементу датчика $Д$ и через него пружине. Механическая волна распространяется по пружине и достигает приемника через время, определяемое скоростью распространения колебаний в пружине и ее длиной. Отразившись от приемного конца пружины, волна возвращается

к датчику, затем снова к приемнику и т. д., постепенно затухая.

Первый эхо-сигнал в пружинной линии задерживается на время τ, а следующие за ним эхо-сигналы сдвинуты во времени один относительно другого на 2τ; пики на частотной характеристике располагаются с интервалом $1/(2\tau)$ Гц (рис. 4-33).

пружина пропускает колебания крутильного типа с частотами ниже частоты среза:

$$f_c = \frac{253 \cdot 10^3 d}{D^2}. \qquad (4\text{-}13)$$

При использовании стальной проволоки диаметром d для получения требуемой часто-

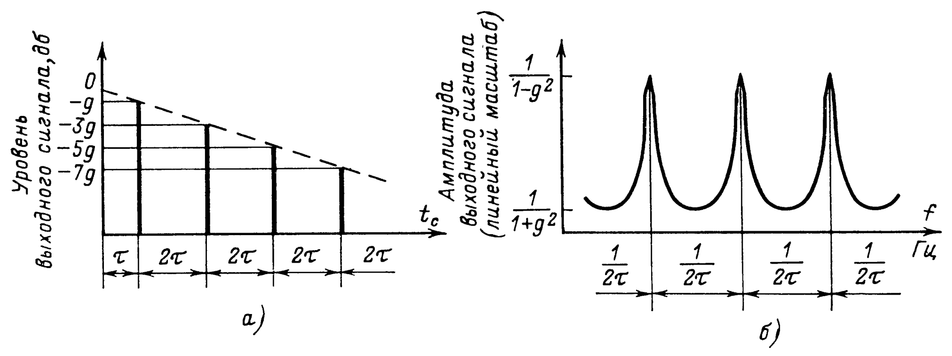


Рис. 4-33.

Самодельный трехпружинный ревербератор

Технические данные ревербератора: плотность пиков частотной характеристики — не менее 15 на 100 Гц; средний интервал времени между соседними эхо-сигналами — не более 0,025 с; рабочий диапазон частот— 150—3 000 Гц; время искусственной реверберации — 3—4 с на нижних частотах рабочего диапазона с постепенным понижением до 1,5—2 с к верхним частотам.

Время естественной реверберации на частотах выше 3 000 Гц в помещении относительно мало и определяется потерями при распространении звуковой волны в воздухе. Поэтому создание искусственной реверберации на верхних звуковых частотах часто неприятно для слуха. Увеличение же реверберации на нижних частотах вредит четкости и разборчивости звучания. Время искусственной реверберации на верхних частотах в пружинном ревербераторе относительно мало и не превышает, как правило, 2 с; с понижением частоты оно постепенно растет, достигая иногда 6—8 с на нижних частотах. Поэтому в конструкции ревербератора следует предусмотреть демпфер, способствующий уменьшению реверберации на нижних частотах.

Выбор параметров ревербератора. Первые два пункта вышеизложенных данных удовлетворяются в трехпружинном ревербераторе с задержками в линиях 0,029; 0,037 и 0,043 с. Плотность пиков на каждые 100 Гц частотного диапазона такого ревербератора— около 20; средний промежуток времени между соседними эхо-сигналами — около 0,025 с.

Расчет пружины. Пружина представляет собой механический фильтр нижних частот. При среднем диаметре витка D [мм] (рис. 4-34) из стальной проволоки диаметром d [мм]

ты среза f_c [Гц] диаметр навивки в миллиметрах должен быть равен:

$$D = \sqrt{\frac{253 \cdot 10^3 d}{f_c}}. \qquad (4\text{-}14)$$

Частота среза пружинной линии задержки должна быть около 3 000—4 000 Гц.

Пружины изготовляют из стальной «рояльной», возможно более жесткой проволоки диаметром 0,2—0,4 мм путем навивки на

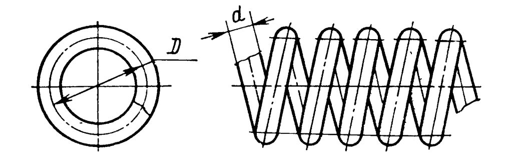


Рис. 4-34.

токарном или моточном станке плотно, виток к витку. Длина проволоки, приготовленной для навивки, должна несколько превышать величину $3{,}14Dn$ (где n — число витков в пружине). Часть крайнего витка пружины загибается в виде крючка. Уменьшение диаметра проволоки затрудняет навивку, а увеличение — ведет к росту размеров ревербератора.

Время задержки сигнала в пружине практически не зависит от частоты (за исключением частот, близких к f_c, где оно возрастает) и определяется приближенной формулой

$$\tau = \frac{0{,}32n}{f_c}. \qquad (4\text{-}15)$$

Число витков пружины зависит от требуемого времени задержки и находится из выражения

$$n = 3{,}14\tau f_c. \qquad (4\text{-}16)$$

Выбор типа преобразователя. В качестве преобразователя может быть использована система, состоящая из намагниченного ферритового ротора, совершающего крутильные

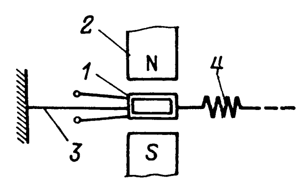


Рис. 4-35.

колебания под действием переменного электромагнитного поля, создаваемого катушкой с магнитным сердечником. Однако наиболее целесообразно выполнить преобразователь с подвижной катушкой *1* (рис. 4-35), расположенной в поле постоянного магнита *2*.

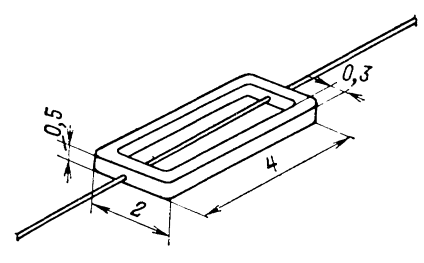


Рис. 4-36.

Катушку поддерживает проволока *3*. Ток звуковой частоты, проходя по катушке датчика, взаимодействует с полем магнита и вызывает крутильные колебания катушки, которые передаются пружине *4*. Приемник аналогичной конструкции осуществляет обратное преобразование. На рис. 4-36 указаны размеры катушки, при которых обеспечивается диапазон частот 150—3 000 Гц при использовании пружин из проволоки диаметром 0,2 мм. Катушка намотана без каркаса и содержит 30 витков ПЭВ-1 0,04.

Катушку преобразователя наматывают с клеевой пропиткой на оправке из дюралюминия (рис. 4-37) таким образом, чтобы проволока проходила сквозь катушку, как показано на рис. 4-36. Когда клей высохнет, катушку аккуратно снимают, слегка сжав оправку. Для электрического монтажа катушек следует оставить выводы длиной около 50 мм. Один из концов проволоки, предназначенный для соединения с пружиной, загибается в виде крючка на расстоянии не далее 2 мм от катушки; другой конец, имеющий длину 30 мм, служит поддерживающей проволокой.

При навивке пружин из более толстой проволоки площадь поперечного сечения намотки катушки увеличивается приблизительно пропорционально кубу диаметра проволоки (при неизменной частоте среза).

Конструкция ревербератора (рис. 4-38). Три пружинные линии задержки конструктивно объединены общими для датчиков магнитными системами, состоящими из постоянных магнитов *2* с полюсными наконечниками *3* у датчика и *5* у приемника колебаний. Длина ревербератора и радиус навивки пружин определены диаметром проволоки (0,2 мм) и частотой среза 4 000 Гц (при этом $D = 3{,}54$ мм). Каждая пружина *1* состоит из двух половин правой и левой навивки для предотвращения изменений ориентации катушек в магнитном поле при усталостном раскручивании пружин. Числа витков в пружинных линиях, обеспечивающие различные значения времени задержки τ [с], должны быть следующими:

τ	0,029	0,037	0,043
n	2×182	2×232	2×270

Стальные проволоки *7* и *8* диаметром 0,1 мм, поддерживающие катушку датчика *4* и катушку приемника колебаний *6* в магнитных полях, проходят через отверстия в металлических столбиках *9*, *10* и фиксируются винтами *12*.

Катушки датчика и приемника, имеющие сопротивление по 3 Ом, соединяются последовательно на расшивочных платах *11*, укрепленных на столбиках. Провода, подводящие ток к катушкам, проходят рядом с соответствующей поддерживающей проволокой и приклеиваются к ней в двух-трех местах.

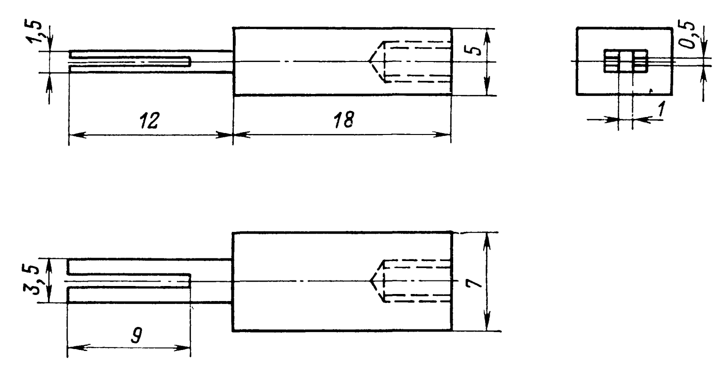


Рис. 4-37.

В качестве постоянных магнитов используются части кольцевого магнита из феррита бария от неисправного громкоговорителя.

Чувствительность усилителя приемника составляет 0,1 мВ; номинальное выходное напряжение — не менее 1 В при отношении сигнал/шум не менее 50 дБ.

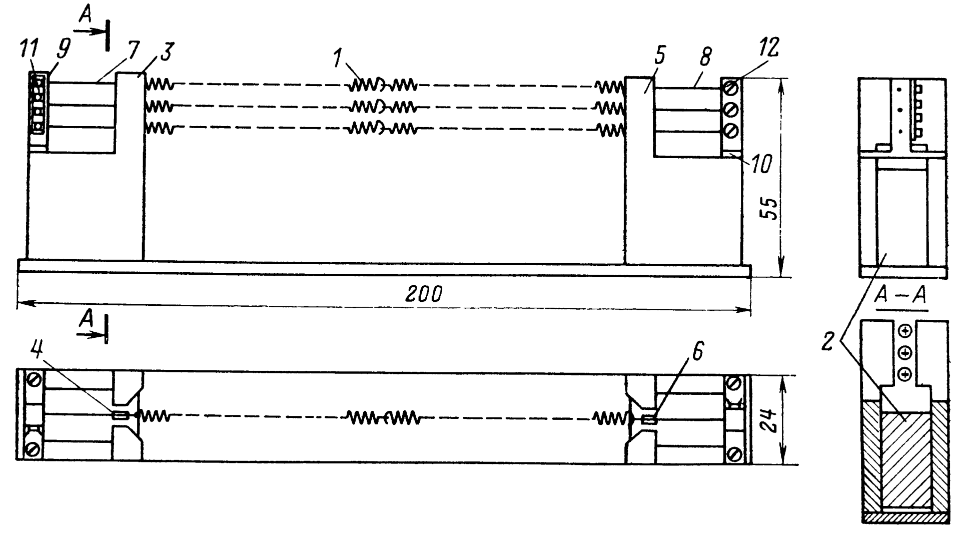


Рис. 4-38.

Время искусственной реверберации на нижних частотах уменьшает демпфер в виде полосок губчатой резины *1* (рис. 4-39), приклеенных к пластинам *2* из органического стекла и размещенных у поддерживающих проволок.

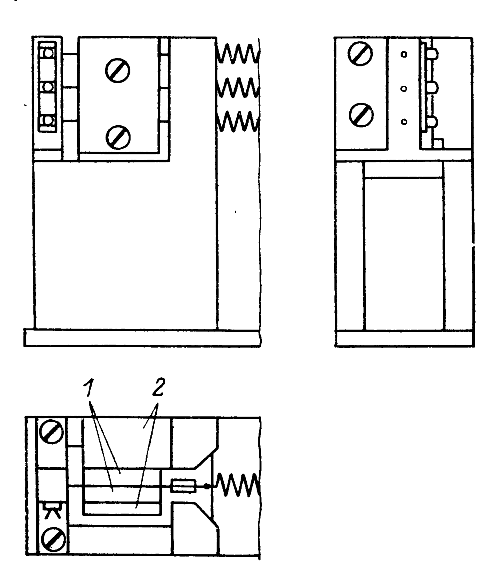


Рис. 4-39.

Усилители ревербератора (рис. 4-40). Усилитель датчика обеспечивает на катушках общим сопротивлением *9* Ом напряжение 1 В, устанавливаемое потенциометром R_1 при входном напряжении не менее 0,01 В.

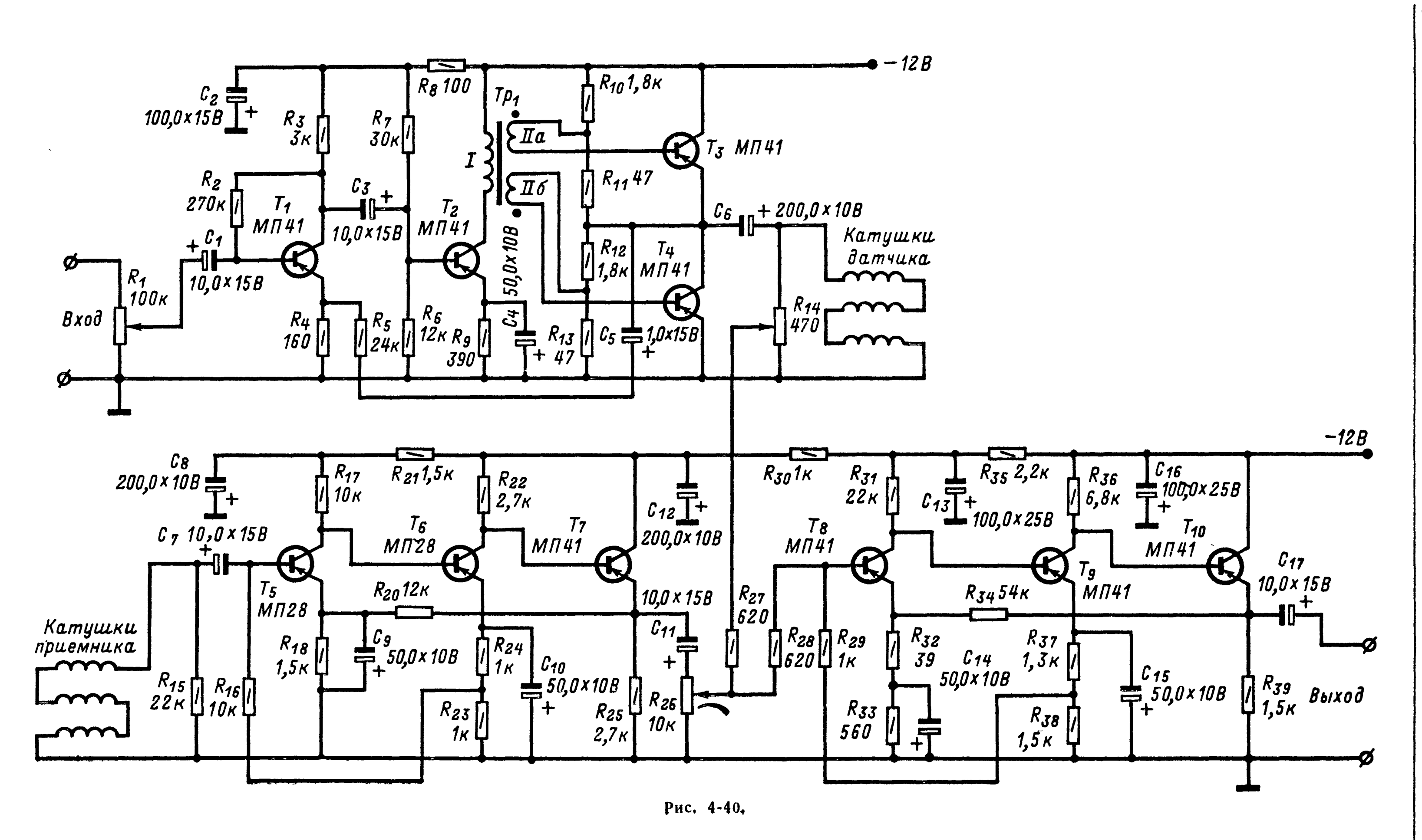
В усилителе предусмотрена возможность смешивания основного и реверберационного сигналов; сигнал с потенциометра R_{14} на выходе усилителя датчика подается в усилитель приемника после регулятора уровня R_{26}; таким образом, смешивание сигналов производится манипулированием сопротивлениями R_{14} и R_{26}.

Данные трансформатора $Тр_1$: сердечник Ш6 × 6,5 из пермаллоя; обмотка *I* — 1 800 витков ПЭВ 0,1, обмотки *IIа* и *IIб* — по 400 витков ПЭВ 0,1. Сначала наматывают 900 витков обмотки *I*, затем 400 витков двойного провода обмоток *IIа* и *IIб* и, наконец, 900 витков обмотки *I*.

Сборка и налаживание пружинного ревербератора. Сборку ревербератора следует начинать с установки на плате магнитных систем преобразователей и металлических столбиков.

Затем надо укрепить поддерживающие проволоки с катушками датчика и приемника в нижних отверстиях металлических столбиков и растянуть между катушками обе половины наиболее длинной пружины ($\tau =$ $= 0,043$ с). Если имеются «слипшиеся» витки, то нужно попытаться растянуть в этом месте пружину или заменить ее новой. Места соединений проклеить, а выводы катушек пропаять.

После этого следует включить усилители и проверить работу первой линии задержки при синусоидальном сигнале напряжением на катушках датчика не более 0,2 В. Искажения кривой на экране осциллографа (преимущественно в области нижних частот) могут быть вызваны наличием «слипшихся» витков, люфтом в местах механических соединений, механическим контактом катушек с полюсными наконечниками.



−12В
C2 100,0×15В
R3 3к
R7 30к
R8 100
Tp1
R10 1,8к
IIa
I
IIб
T3 МП41
R2 270к
C3 10,0×15В
R11 47
T1 МП41
T2 МП41
C6 + 200,0×10В
C1 10,0×15В
R12 1,8к
T4 МП41
Катушки датчика
R1 100к
50,0×10В
Вход
R4 160
R5 24к
R6 12к
R9 390
C4
R13 47
C5 1,0×15В
R14 470
C8 200,0×10В
R17 10к
R21 1,5к
R22 2,7к
C12 200,0×10В
R30 1к
R31 22к
C13 100,0×25В
R35 2,2к
R36 6,8к
C16 100,0×25В
C7 10,0×15В
T6 МП28
T7 МП41
T8 МП41
T10 МП41
T5 МП28
R20 12к
10,0×15В
R27 620
R34 54к
T9 МП41
C17 10,0×15В
Катушки приемника
C11
R18 1,5к
C9 50,0×10В
R24 1к
C10 50,0×10В
R28 620
R29 1к
R32 39
C14 50,0×10В
R37 1,3к
C15 50,0×10В
R15 22к
R16 10к
R23 1к
R25 2,7к
R26 10к
R33 560
R38 1,5к
R39 1,5к
Выход

Рис. 4-40.

Незапланированное ограничение частотной характеристики пружинной линии в области верхних частот может быть вызвано неправильным расчетом параметров пружины (что привело к понижению частоты среза), наличием «слипшихся» витков и увеличенными, по сравнению с рекомендованными, размерами катушек преобразователей.

Аналогичным способом собирают и налаживают две другие пружинные линии.

Затем устанавливают пластины с наклеенными полосками пористой резины. Степень сжатия резины между пластинами определяет время искусственной реверберации на низких частотах.

Измерения в пружинном ревербераторе. Проверка правильности расчета времени задержки пружин и времени реверберации требует специальной аппаратуры, недоступной радиолюбителю. Поэтому все необходимые данные предлагается получить косвенными способами, включая звуковой генератор на вход ревербератора и вольтметр на его выход. Измерения следует производить для каждой пружинной линии задержки отдельно, отключив две другие.

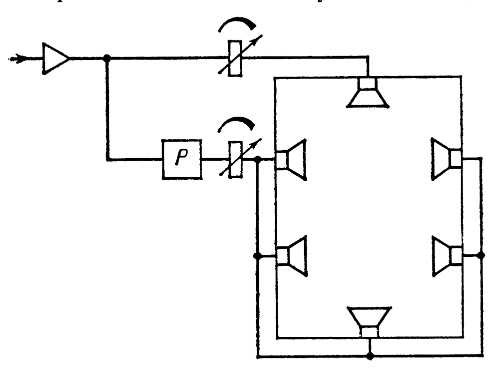


Рис. 4-41.

При медленном изменении частоты генератора определяют интервал частот между соседними пиками Δf, тогда задержка в пружине

$$\tau = \frac{1}{2\Delta f}. \qquad (4\text{-}17)$$

Определив соотношение пик/провал D в частотной характеристике, нетрудно найти затухание g в данной области частот механической волны при однократном прохождении ее по пружине

$$g = \sqrt{\frac{D-1}{D+1}}, \qquad (4\text{-}18)$$

а время искусственной реверберации — используя формулу $T\,[\text{с}] = 60\tau/g$, предварительно выразив g в децибелах.

Применение ревербератора. При работе звукового источника в помещении направление прихода отраженных звуковых волн к слушателю не совпадает, как правило, с направлением прихода основного сигнала. Включение ревербератора в звуковой тракт согласно (рис. 4-30) не является лучшим вариантом его использования по той причине, что основной сигнал и эхо-сигналы воспроизводятся одним громкоговорителем и не разделены по направлениям прихода к слушателю.

Ощутимый эффект присутствия в большом зале дает разделение трактов основного и реверберационного сигналов в соответствии со схемой, приведенной на рис. 4-41. Так как требования к частотной характеристике ревербератора не являются жесткими, громкоговорители распределенной системы, воспроизводящие реверберационный сигнал, могут быть пониженного качества. При ограниченных возможностях распределенная система может быть заменена одним громкоговорителем, расположенным за спиной слушателя и ориентированным осью вверх.

4-8. ВОСПРОИЗВЕДЕНИЕ ГРАММОФОННЫХ ЗАПИСЕЙ

Грампластинки, типы и параметры

Классификация. Граммофонные пластинки разделяются на монофонические с узкой канавкой (долгоиграющие, $33\frac{1}{3}$ об/мин), обозначаемые буквой М и предназначенные для электроакустического воспроизведения (до 1968 г. пластинки этого типа обозначались МУ), и стереофонические, обозначаемые буквой С (или СМ) и предназначаемые для электроакустического воспроизведения на стереофонической аппаратуре.

Кроме того, изготовлялись монофонические пластинки с широкой канавкой (78 об/мин), допускавшие как электроакустическое, так и акустическое воспроизведение с помощью граммофона; они обозначались буквами МШ.

Увеличение длительности звучания долгоиграющих пластинок по сравнению с пластинками МШ достигнуто путем уменьшения расстояния между соседними канавками и частоты вращения пластинки. Сближение канавок позволило уменьшить их размеры, отчего такую запись называют часто микрозаписью. При записи долгоиграющих и стереофонических грампластинок применяют автоматическую регулировку шага записи: при слабом сигнале он уменьшается, а при сильном увеличивается.

Грампластинки и запись на них удовлетворяют требованиям ГОСТ 7893-72 «Звукозапись механическая на диск» и ГОСТ 5289-68 «Пластинки граммофонные долгоиграющие». В табл. 4-13 приведены частоты вращения, размеры и масса пластинок. На каждой стороне пластинки, считая от края, располагаются:

а) зона борта, содержащая вводную канавку; б) зона записи; в) зона зеркала, содержащая выводную канавку, переходящую в концентрическую замкнутую канавку, и выгравированный номер записи; г) зона эти-

кетки, содержащая этикетку и центровое отверстие.

Таблица 4-13

Граммофонные пластинки

Обозначение типа	Частота вращения, об/мин	Формат: Обозначение	Формат: Диаметр, мм	Масса не более, г
М, МУ, С, СМ	33 1/3	$Ф_{17}$	174	50
		$Ф_{25}$	250	120
		$Ф_{30}$	301	184
	45	$Ф_{17}$	174	50
МШ	78	$Ф_{20}$	200	110
		$Ф_{25}$	250	196

Диаметр центрового отверстия пластинки равен 7,24 + 0,09 мм, его эксцентриситет относительно центра записи не более 0,2 мм для пластинок МУ, М, С и СМ и 0,25 мм для пластинок МШ. Пластинки, рассчитанные на

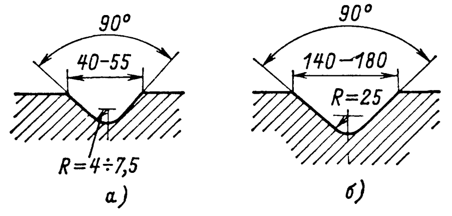


Рис. 4-42.

частоту вращения 45 об/мин, имеют центровое отверстие диаметром 38,15 + 0,010 мм.

Параметры записи. Размеры канавок грампластинок приведены на рис. 4-42. На внутренней стенке канавки стереофонической грампластинки (стенка, расположенная

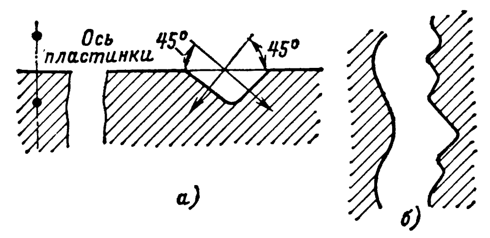


Рис. 4-43.

ближе к центру пластинки) записываются сигналы левого, а на наружной — сигналы правого канала (рис. 4-43, *а*).

Вид на канавку стереофонической пластинки сверху показан на рис. 4-43, *б*. «Отдача» грампластинки — э. д. с. электромагнитного звукоснимателя при электроакустическом воспроизведении или громкость при ее акустическом воспроизведении на граммофоне — пропорциональна колебательной скорости иглы при воспроизведении и соответственно колебательной скорости резца при записи. Поэтому колебательная скорость, равная произведению амплитуды на частоту колебаний, является основным параметром записи.

Максимально допустимый уровень записи соответствует на средних частотах колебательной скорости 10—14 см/с для пластинок

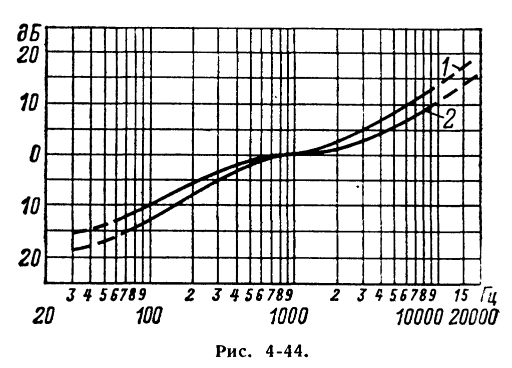


Рис. 4-44.

М и МУ, 16 см/с для пластинок МШ и 10 см/с для пластинок С.

По ряду причин при записи грампластинок целесообразно иметь неравномерную частотную характеристику (рис. 4-44), которая компенсируется обратной по форме характеристикой канала воспроизведения (*1* — для пластинок МШ, *2* — для пластинок М).

Гибкие грампластинки, изготовленные из пленки толщиной 0,2—0,3 мм, имеют примерно такой же размер канавки, как пластинки с микрозаписью. Поэтому воспроизведение должно осуществляться только с помощью электропроигрывателя для долгоиграющих или стереофонических пластинок.

На гибких пластинках, в частности, выпускается звуковой журнал «Кругозор».

Воспроизведение грамзаписи

В настоящее время воспроизведение грамзаписи осуществляется почти исключительно с помощью электропроигрывающих устройств и электрофонов. Электропроигрывающее устройство содержит движущий механизм, вращающий грампластинку и звукосниматель. Электропроигрывающее устройство в футляре называется электропроигрывателем или просто проигрывателем. В состав электрофона входят, кроме того, усилитель и громкоговоритель. Электропроигрывающие устройства изготовляются классов I, II и III по ГОСТ 8383-66.

Звукосниматели. Наиболее распространены магнитные и пьезоэлектрические звукосниматели. Отечественная промышленность изготовляет, главным образом, пьезоэлектрические звукосниматели. Они просты, дешевы, легки и не требуют применения усилителя со специальной частотной характеристикой. Среди них звукосниматель ЗПК-58 — монофонический с переключающимися иглами для пластинок М, МУ и МШ, ГЗК-661 — монофонический для пластинок М и МУ,

стереофонический ГЗКУ-631 и стереофонический ГЗК-593 «С».

Чувствительность монофонических звукоснимателей равна 50^{+50} мВ · с/см и стереофонических — 70^{+70} мВ · с/см. Максимальная э. д. с. звукоснимателя определяется произведением чувствительности на величину максимально допустимой колебательной скорости. Рабочий диапазон частот упомянутых звукоснимателей составляет примерно 50—12 500 Гц при неравномерности 10 дБ. Входное сопротивление усилителя, к которому подключается пьезоэлектрический звукосниматель, должно быть не менее 0,5 МОм. При магнитном звукоснимателе входное сопротивление усилителя может быть уменьшено до 5—10 кОм, но частотная характеристика усилителя должна быть обратна частотной характеристике записи (рис. 4-44).

При любом звукоснимателе в усилителе приходится корректировать частотные искажения звукоснимателя, поэтому для воспроизведения грамзаписи следует применять усилитель с двумя раздельными регуляторами тембра на нижних и верхних частотах (см. рис. 4-12).

Таблица 4-14

Иглы граммофонные

Алмазные *	Корундовые	Рекомендуемый приведенный вес, мН	В каких звукоснимателях применяются
А 18/0,8	К 18/0,8	30	В магнитных, для пластинок С, М, МУ, СМ
А 18/1,2 А 18/1,5	К 18/1,2 К 18/1,5	70	В пьезоэлектрических, для пластинок С, М, МУ, СМ
	К 70/1,2 К 70/1,5	100	Для пластинок МШ

* Первое число в обозначении иглы указывает ее радиус закругления, мкм, второе — длину иглы, мм.

В современных звукоснимателях используются постоянные корундовые или алмазные иглы. Так как иглы для пластинок МШ и долгоиграющих различаются своими размерами (табл. 4-14), головки звукоснимателей делают иногда сменными (каждая для определенного типа пластинок) или снабжают двумя иглами с переключателем. Рабочие положения переключателя и сменные головки звукоснимателей имеют цветные обозначения согласно табл. 4-15.

Тонарм. Для облегчения следования иглы по канавке звукосниматель должен быть определенным образом ориентирован относительно грампластинки. Это обеспечивают, придавая тонарму изогнутую форму. При этом рекомендуются следующие размеры тонарма (рис. 4-45): рабочая длина $l = 185 \pm$ $\pm$ 2 мм, установочная база $h = 172 \pm 2$ мм, угол коррекции $\alpha = 20° 30' + 1° 30'$.

Таблица 4-15

Обозначения на головках звукоснимателей

Тип грампластинок	Обозначения головки или положений переключателя игл	Цвет обозначения
М и МУ	△	Красный
М, МУ, С, СМ (воспроизведение одной иглой без переключения)	◯◯	Голубой
МШ	78	Зеленый

Качество воспроизведения и износ пластинки зависят от величины силы прижима иглы к канавке, которая называется п р и в е д е н н ы м в е с о м звукоснимателя (см. табл. 4-14). Приведенный вес регулируется

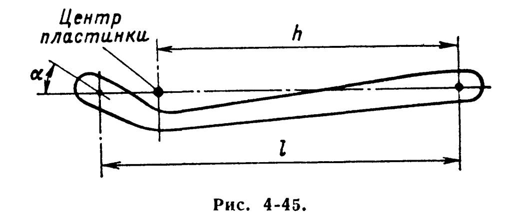


Рис. 4-45.

с помощью противовеса или пружины в тонарме. При очень малом приведенном весе игла не будет надежно следовать по канавке и звукосниматель может соскакивать с пластинки.

Проверку работы звукоснимателя и определение его частотной характеристики производят с помощью и з м е р и т е л ь н ы х г р а м п л а с т и н о к, содержащих записи ряда частот с определенными значениями колебательной скорости.

Воспроизведение стереозаписи. Для воспроизведения записи на стереофонических грампластинках в электропроигрывателе применяют стереозвукосниматель, представляющий собой два раздельных электромеханических преобразователя, соединенных с общей иглой. Запись на одной стенке канавки создает э. д. с. только на одном из выходов звукоснимателя. Головка стереозвукоснимателя может иметь три или четыре вывода (см. табл. 4-16).

Стереозвукосниматель подсоединяется к двухканальному усилителю с двумя разнесенными громкоговорителями.

Регулировки громкости, тембра и стереобаланса осуществляются, как сказано на стр. 150 и 152.

Таблица 4-16

Маркировка выводов головок стереозвукоснимателей

Назначение вывода	Номер вывода	Цвет провода вывода или его маркировки
Левый канал	1	Белый
Общий («земля»)	2	Черный
Правый канал	3	Красный
Левый канал	1	Белый
Левый канал («земля»)	2	Синий
Правый канал	3	Красный
Правый канал («земля»)	4	Зеленый

Для проверки правильности расположения и фазировки громкоговорителей правого и левого каналов и баланса каналов применяется испытательная (демонстрационная) пластинка.

Указания по ее использованию записаны на самой пластинке.

Стереофонический звукосниматель чувствителен к вертикальным перемещениям иглы, поэтому движущий механизм проигрывателя должен быть хорошо изготовлен и отрегулирован, чтобы не создавать во время работы вибраций.

Стереофонические грампластинки, обозначенные буквами СМ, обладают свойством совместимости, т. е. их можно проигрывать и на обычном проигрывателе для долгоиграющих монофонических пластинок. При этом записанные сигналы правого и левого каналов автоматически складываются в звукоснимателе и пластинка звучит как монофоническая. Монофоническую запись на долгоиграющей пластинке (МУ) можно воспроизводить стереофоническим звукоснимателем, используя один или оба канала. Естественно, что звуковоспроизведение при этом не становится стереофоническим.

Схемы УНЧ, обеспечивающих высокое качество воспроизведения грамзаписей, приведены в § 4-2 и 4-3.

МАГНИТНАЯ ЗВУКОЗАПИСЬ

РАЗДЕЛ 5

СОДЕРЖАНИЕ

5-1. ХАРАКТЕРИСТИКИ И СТРУКТУРНЫЕ СХЕМЫ МАГНИТОФОНОВ

Терминология (ГОСТ 13699-68)

М а г н и т о ф о н — звукозаписывающее устройство, действие которого основано на магнитной системе записи. В бытовых магнитофонах, изготавливаемых на заводах, и в самодельных в качестве носителя записи применяют м а г н и т н у ю л е н т у шириной 6,25 мм (в кассетных магнитофонах 3,81 мм). В этих аппаратах осуществляется п р о д о л ь н о е н а м а г н и ч и в а н и е л е н т ы при записи и в ы с о к о ч а с т о т н о е п о д м а г н и ч и в а н и е.

Ф о н о г р а м м а — магнитная лента с записью звука.

Д о р о ж к а з а п и с и — невидимый след на ленте в виде намагниченности, создаваемой в процессе записи.

n-д о р о ж е ч н а я ф о н о г р а м м а — фонограмма с n дорожками записи; чаще всего n = 1,2 или 4 и фонограммы называются соответственно о д н о -, д в у х - и ч е т ы р е х д о р о ж е ч н ы м и.

n-д о р о ж е ч н а я з а п и с ь — способ записи, при котором на носителе образуются о д н о в р е м е н н о n дорожек записи.

Аналогично образуются термины n -д о р о ж е ч н о е в о с п р о и з в е д е н и е и n - д о р о ж е ч н о е с т и р а н и е.

К а н а л з а п и с и — комплекс устройств, обеспечивающий в процессе записи передачу информации носителю; в магнитофоне канал записи состоит из усилителя записи и записывающей головки.

К а н а л в о с п р о и з в е д е н и я. Комплекс устройств, обеспечивающих передачу записанной информации от фонограммы; в магнитофоне канал воспроизведения состоит из воспроизводящей головки и усилителя воспроизведения.

К а н а л з а п и с и - в о с п р о и з в е д е н и я — комплекс устройств, разновременно обеспечивающих образование канала записи и канала воспроизведения. Магнитофон с универсальным усилителем и универсальной магнитной головкой является примером такого устройства — в нем (в зависимости от режима работы) образуется канал записи либо канал воспроизведения.

С к в о з н о й к а н а л — комплекс устройств, обеспечивающих одновременно запись и воспроизведение. Для этого необходимо иметь раздельные усилители и головки записи и воспроизведения.

m- к а н а л ь н а я з а п и с ь — запись при наличии m каналов записи. В стереофонических бытовых магнитофонах применяют двухканальную запись. Аналогично образуется термин m - к а н а л ь н о е в о с п р о и з в е д е н и е.

В монофонических магнитофонах производится одноканальная однодорожечная за-

пись. В результате перекладывания и переворачивания катушек с лентой или изменения направления движения ленты образуется двухдорожечная, а в некоторых магнитофонах четырехдорожечная монофоническая фонограмма. В стереофонических бытовых магнитофонах производят двухканальную двухдорожечную запись и получают двухдорожечную или, при перекладывании катушек, четырехдорожечную стереофоническую фонограмму.

Скольжение — нежелательное измененеие средней скорости движения ленты.

Коэффициент колебания скорости — отношение величины колебания скорости ленты к ее среднему значению.

Детонация — искажение звука, возникающее вследствие паразитной частотной модуляции с частотами, находящимися примерно в диапазоне 0,2—200 Гц; в магнитофоне детонация вызывается колебанием скорости ленты.

Коэффициент детонации — коэффициент колебания скорости, измеренный с учетом неодинаковой восприимчивости слуха к паразитной частотной модуляции с разной частотой.

Стандарты на магнитофоны

Любительские магнитофоны должны в максимальной мере удовлетворять требованиям ГОСТ 12392-71 на бытовые магнитофоны, для того чтобы иметь возможность обмена фонограммами. Кроме того, требования ГОСТ полезно учитывать при конструи-

Начало | Дорожка 1 | Конец | 2,5
Конец | Дорожка 2 | Начало | 1,25 | 2,5

Рис. 5-1.

ровании любительских магнитофонов, поскольку они определяют оптимальные сочетания качественных показателей и эксплуатационных свойств (табл. 5-1). К числу стандартизованных показателей относятся: номинальные скорости ленты: 19, 9,53; 4,76; 2,38 см/с; намотка ленты — на катушки типа I (см. рис. 5-24) рабочим слоем внутрь рулона; расположение дорожек записи — согласно рис. 5-1 и 5-2. При двухдорожечной фонограмме сначала производят запись дорожки № 1, затем катушки

Таблица 5-1

Параметры лентопротяжных механизмов бытовых магнитофонов

Параметры	Классы магнитофонов			
	I	II	III	IV
Допустимое отклонение средней скорости от номинальной, %:				
19,05 см/с	± 2	± 2	—	—
4,76 и 9,53 см/с	± 2	± 2	± 2	± 2
Коэффициент детонации в магнитофоне с питанием от сети не более, %:				
19,05 см/с	± 0,1	± 0,2	—	—
9,53 см/с	± 0,2	± 0,3	± 3	—
4,76 см/с	± 0,3	± 0,4	—	—
То же при питании от автономных источников и универсальном питании не более, %:				
19,05 см/с	—	± 0,3	—	—
9,53 см/с	—	± 0,4	± 0,4	—
4,76 см/с	—	± 0,5	—	± 0,6
Максимальный размер (номер) катушки магнитофона с питанием от сети	18	15	—	—
То же с питанием от автономных источников и универсальным питанием	—	15	13	10
Длительность перемотки катушки ленты максимального размера при толщине ленты 37 мкм не более, с:				
при питании от сети	180	225	225	—
при питании от автономных источников и универсальном питании	0,1 времени воспроизведения записи одной дорожки при наибольшей скорости ленты			

с лентой, переворачивая, меняют местами и записывают дорожку № 2. В некоторых магнитофонах предусмотрено два направления движения ленты при записи и воспроизведении и соответственно два комплекта магнитных головок; при этом переход с одной дорожки на другую осуществляется переключением головок и направления вращения двигателя.

Четырехдорожечная фонограмма используется главным образом в стереофонических магнитофонах. При движении ленты в одну сторону записывается одна пара дорожек (№ 1 и 3), при обратном движении — другая (№ 2 и 4). В случае монофонической записи сначала записывается дорожка № 1, потом № 4, 3 и, наконец, дорожка № 2. По сравнению с однодорожечной фонограммой расход ленты сокращается при этом в 4 раза. Для перехода с дорожки на дорожку применяют двухдорожечный блок магнитных головок, одна из которых установлена на уровне дорожки № 1, а вторая — на уровне дорожки № 3. При монофонической записи головки включаются поочередно. Для перехода на дорожки № 2 и 4 катушки с лентой меняют местами и переворачивают.

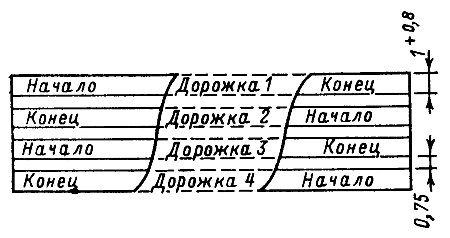


Рис. 5-2.

Кроме того, ГОСТ 12392-71 определяет еще ряд качественных показателей и эксплуатационных требований в зависимости от класса магнитофона. Стереофонические магнитофоны с сетевым питанием изготовляются I и II классов, а с универсальным питанием и питанием от автономных источников — класса II. Монофонические магнитофоны с любым питанием — классов II и III, а носимые магнитофоны при универсальном питании и питании от автономных источников классов III, IV.

Электрические качественные показатели бытовых магнитофонов приведены в табл. 4-1. В пределах, указанных в таблице номинальных рабочих диапазонов частот, частотная характеристика канала воспроизведения, определяемая по измерительной ленте (см. стр. 203), и частотная характеристика канала запись-воспроизведение, определяемая на линейном выходе магнитофона, должны укладываться в поле допусков на рис. 5-3, где $f_{нижн}$ и $f_{верх}$ — нижняя и верхняя граничные частоты рабочего диапазона (для класса I поле на краях 6 дБ).

В магнитофонах первого класса обязательны дистанционный пуск и остановка ленты, счетчик ленты, автостоп, устройство для очистки ленты от пыли, раздельные регуляторы уровней записи и воспроизведения, раздельные регуляторы тембра по низким и высоким частотам, действующие только при прослушивании через собственный громкоговоритель магнитофона.

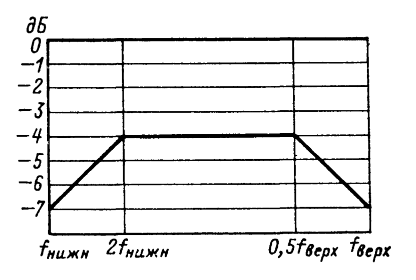


Рис. 5-3.

Чтобы выполнить требования стандарта по частотной характеристике канала воспроизведения, усилитель магнитофона при воспроизведении должен обладать частотными характеристиками, приведенными в табл. 5-2. Эти характеристики предполагают использование при воспроизведении «идеальной магнитной головки», т. е. головки с неограниченно узким рабочим зазором и без потерь энергии в сердечнике и окружающих его деталях. Фактически характеристики усилителей воспроизведения несколько отличаются от указанных в табл. 5-2 из-за наличия потерь в головках на верхних частотах. Поэтому для определения рабочих характеристик усилителя необходимо характеристики, рассчитанные на идеальную головку, «поднять» на верхней рабочей частоте на 6—8 дБ, сведя этот подъем плавно на нет в сторону нижних частот.

Таблица 5-2

Номинальная частотная характеристика усилителя воспроизведения

Скорость ленты, см/с	Частота, Гц						
	50	100	500	1 000	4 000	10 000	15 000
	Относительная величина усиления, дБ						
19,05	+26	+20	+6	0	−6	−7,5	−7,5
9,53	+24	+18	+4	0	−3	−3	−3
4,76	—	+14	+3	0	−2	−2	−2

Форма частотной характеристики усилителя магнитофонов при записи зависит от скорости и типа ленты. Примерные частотные характеристики усилителя при записи приведены на рис. 5-4. Кривая *1* соответствует скорости 19,05 см/с, ленте типа 2, рабочему зазору магнитной головки 10 мкм; кривая *2* — то же при рабочем зазоре 7 мкм; кривая *3* — скорости 9,53 см/с, ленте типа 6, рабочему зазору 5 мкм.

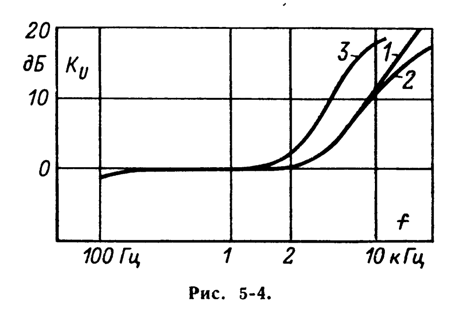


Рис. 5-4.

Структурные схемы магнитофонов

Большинство бытовых и любительских самодельных магнитофонов имеет универсальный усилитель, т. е. работающий при записи и при воспроизведении (рис. 5-5). При переходе с воспроизведения *В* на запись *З* осуществляется необходимая коммутация на входе и выходе усилителя *УУ*, изменяется его частотная характеристика и включается высокочастотный генератор *Г*. Оконечный усилитель *ОУ* и громкоговоритель *Гр* позволяют осуществлять слуховой контроль при записи и последующее громкоговорящее воспроизведение ее.

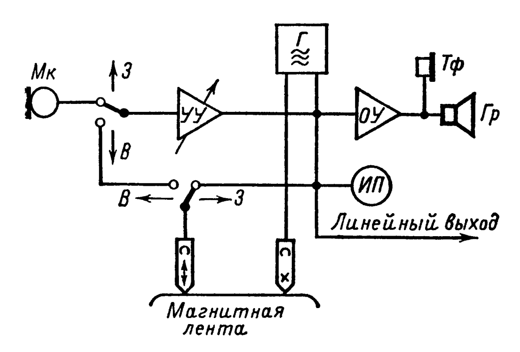


Рис. 5-5.

Кроме показанного на рисунке микрофонного входа магнитофон имеет обычно еще входы — для подключения звукоснимателя, радиоприемника и радиотрансляционной линии.

Если микрофон во время записи расположен вблизи магнитофона, контроль на громкоговоритель невозможен, так как приводит к акустическому самовозбуждению. Тогда громкоговоритель выключают и контроль ведут на головные телефоны *Тф*. Уровень записи измеряется индикатором *ИП*.

В некоторых магнитофонах выходной каскад работает при воспроизведении как усилитель, а при записи — как высокочастотный генератор. Этим достигается некоторая экономия питания и уменьшаются габариты магнитофона.

Применение раздельных усилителей записи и воспроизведения позволяет записывать и одновременно воспроизводить запись с целью контроля. В этом случае структурная схема магнитофона (рис. 5-6) содержит усилители записи *УЗ* и воспроизведения *УВ*, высокочастотный генератор *Г*, индикатор уровня *ИП*, оконечный усилитель (или оконечный каскад усиления) *ОУ* и громкоговоритель *Гр*. В усилителе записи осуществляются частотные предыскажения записываемых сигналов и их мощность доводится до величины, достаточной для нормальной работы головки записи.

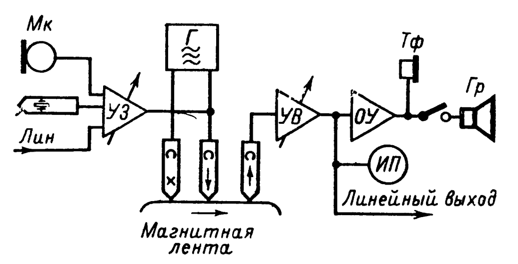


Рис. 5-6.

Индикатор уровня включен на выход усилителя воспроизведения, поэтому регулировка громкости переменным резистором на входе оконечного каскада не влияет на его показания. Для более точной слуховой оценки качества записи в схему вводят иногда переключатель, позволяющий соединять вход оконечного каскада с выходом *УВ* или промежуточным выходом *УЗ* (до того места в его схеме, где осуществляются частотные предыскажения). Это позволяет сравнивать звучание «до записи» и «после записи».

Структурная схема стереофонического магнитофона образуется из двух структурных схем монофонического магнитофона; общий для обоих каналов высокочастотный генератор делается более мощным (2—3 Вт). Обычно применяют и общий индикатор уровня, включая его так, что в каждый момент он показывает наибольший уровень, существующий в обоих каналах. Для получения правильной картины размещения отдельных источников звука в пространстве усиление регулируется при записи и воспроизведении одновременно и одинаково в обоих каналах. Так же регулируется и тембр при воспроизведении. Кроме того, необходимо установить стереобаланс (см. § 4-4).

«Трюковые записи» (записи с «наложением» на старую запись). Так называют записи речевых пояснений на фоне ранее записанной музыки. Для такой записи головку стирания отключают и поэтому преж-

няя запись на ленте лишь частично стирается полем подмагничивания записывающей (универсальной) головки. Для «трюковых записей» в магнитофоне следует предусмотреть переключатель, отключающий головку стирания и заменяющий ее эквивалентным по потребляемой мощности резистором (чтобы режим работы ВЧ генератора не изменился). О правильности выбора резистора можно ориентировочно судить по тому, насколько постоянным остается напряжение подмагничивания на записывающей (универсальной) головке при переводе переключателя из одного положения в другое.

Диктофоны

Диктофоном называют магнитофон, предназначенный для записи речи с целью последующей буквенной перезаписи ее от руки или на пишущей машинке. От обычного магнитофона он отличается следующим.

1. Требования к качеству записи и воспроизведения понижены, так как диктофоны должны лишь разборчиво передавать речь при воспроизведении. Частотный диапазон 300—4 000 Гц, коэффициент детонации до 1%, относительный уровень шумов около—30 дБ, коэффициент гармоник до 10%.

2. Для упрощения записи совещаний и конференций, когда выступающие могут находиться на разном расстоянии от микрофона, в диктофонах часто устраивают АРУ для записи.

3. При воспроизведении, во время буквенной перезаписи движущий механизм диктофона работает в так называемом старт-стопном режиме, т. е. включается на непродолжительное время, выключается, при необходимости повторения реверсируется, снова включается и т. д. Такой режим работы с числом включений до двух-трех в минуту требует особо прочной конструкции механизма.

4. Для облегчения буквенной перезаписи в диктофоне предусматривается дистанционное управление механизмом при воспроизведении с помощью ножной педали или небольшого клавишного устройства, которое можно закрепить на пишущей машинке. Такое управление позволяет легко включить, выключить и повторить воспроизведение, не отвлекаясь от работы на пишущей машинке или от перезаписи вручную. В некоторых диктофонах после каждой остановки ленты она автоматически передвигается в обратном направлении на небольшое расстояние (автоповтор). Благодаря этому воспроизведение всегда начинается с повторения части предыдущей группы слов, что облегчает понимание тех слов, которые приходятся на моменты включения и выключения приводного механизма. Автоповтор осуществляется или электрически с помощью реле времени, включающего на короткое время реверс после каждой остановки носителя записи, или механически.

5. В качестве носителей записи, кроме магнитной ленты, могут применяться магнитные диски, листы, проволока. Скорость движения носителя записи не обязательно должна быть постоянной — требуется лишь сохранять приблизительное равенство скоростей записи и воспроизведения. В диктофонах со временем непрерывной записи до 15 мин в качестве носителя записи используют магнитные диски и магнитные листы, а в диктофонах со временем непрерывной записи несколько часов — магнитную ленту и магнитную проволоку.

6. Разновидностью диктофонов являются «звуковые блокноты» — портативные аппараты для записи на магнитную ленту (или проволоку) с автономным питанием и смонтированным внутри микрофоном. Размер их не превышает размеров коробки от папирос, масса около 1 кг.

5-2. ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СХЕМЫ УЗЛОВ МАГНИТОФОНОВ

Генераторы тока ВЧ

Генератор тока ВЧ с частотой 80 кГц для стирания и подмагничивания собран на двойном триоде 6Н1П или 6Н8С (рис. 5-7). Трансформатор намотан на четырехсекционном

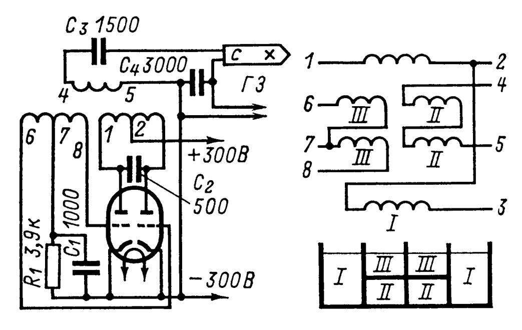


Рис. 5-7.

каркасе из текстолита или электрокартона и помещен в карбонильный сердечник СБ-28а. Обмотка *I* (7,76 мГ) содержит 2 × 220 витков ПЭЛ 0,15; обмотка *II* — 120 витков

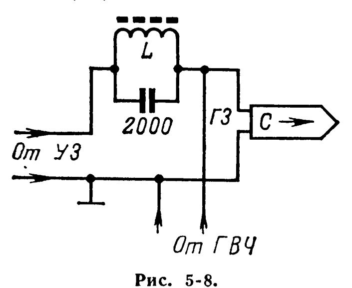


Рис. 5-8.

ПЭЛ 0,25; обмотка *III* — 2 × 50 витков ПЭЛ 0,15. На головке стирания с индуктивностью 7—10 мГ генератор развивает напряжение около 150 В. Напряжение подмагничивания снимается на головку записи с ин-

дуктивностью 7—10 мГ с конденсатора C_4 по схеме параллельного питания.

Усилитель записи подключается к генератору через фильтр-пробку (рис. 5-8). Его

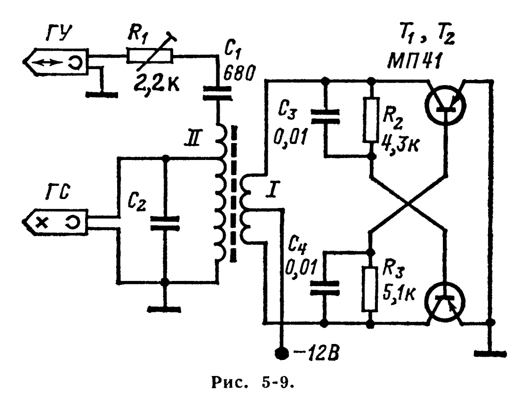


Рис. 5-9.

катушка L содержит 280 витков ПЭЛ 0,1, она помещена в карбонильный сердечник СБ-23-17а. Подмагничивание регулируется подбором емкости конденсатора C_4. При универсальной головке, имеющей индуктивность 0,5—1,0 Г, фильтр-пробку заменяют

зисторах применен в магнитофоне «Орбита-1». Схема его представлена на рис. 5-9. Трансформатор намотан на двухсекционном каркасе, помещенном в карбонильный сердечник СБ-23-11 а. Данные обмоток: I — 35 + 35 ПЭВ-20,27, II — 84 + 40 ПЭВ-2 0,23. Генератор рассчитан на работу с головкой стирания индуктивностью 50—90 мГ и универсальной головкой индуктивностью 0,5 мГ. Ток подмагничивания регулируется изменением сопротивления резистора R_1.

Усилители

Усилитель воспроизведения по схеме на рис. 5-10 рассчитан на работу от высокоомной универсальной или воспроизводящей головки. Питание накала ламп для уменьшения фона следует производить выпрямленным током. Делитель между первым и вторым каскадами служит для корректирования частотной характеристики усилителя. На схеме приведены данные для скорости 19 см/с. Для других скоростей надо пропорционально уменьшить сопротивление резистора R_8. Регулятор коррекции — потенциометр R_7, регулятор усиления — потенциометр R_{10}. При скоростях 9,5 см/с и меньше для получения более благоприятной формы частотной ха-

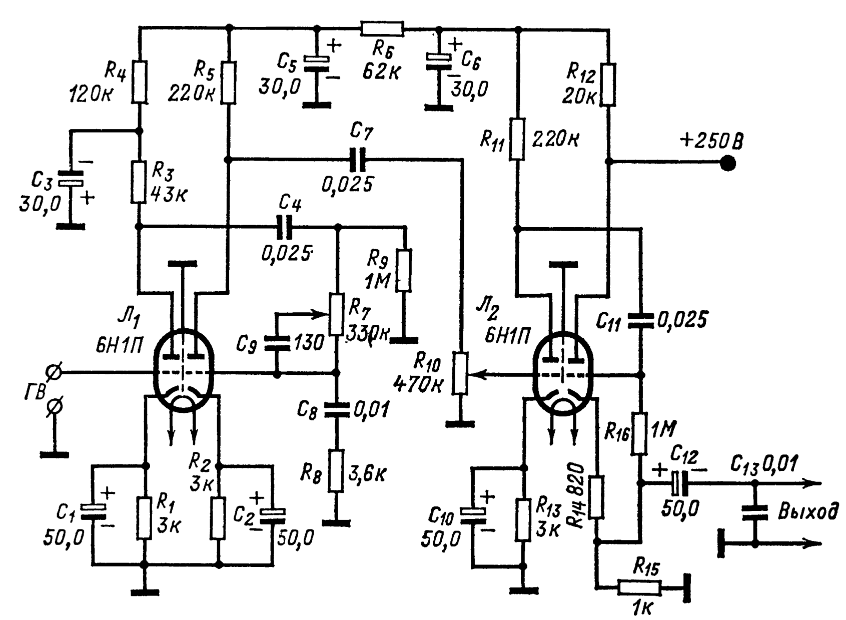


Рис. 5-10.

резистором сопротивлением 51—100 кОм. Для такой головки напряжение на конденсаторе C_4 недостаточно и его замыкают накоротко, а напряжение подмагничивания снимают с выводов *4* и *5* катушки генератора через подстроечный конденсатор C емкостью 8—30 пФ, которым устанавливают требуемую величину тока подмагничивания.

Генератор тока ВЧ с частотой 50 кГц для стирания и подмагничивания на двух тран-

рактеристики рекомендуется между резистором R_8 и корпусом включать LC-контур, настроенный на верхнюю рабочую частоту. Конденсатор C_9 при этом из схемы исключается, необходимая форма частотной характеристики устанавливается подбором резистора, шунтирующего LC-контур.

Выходное напряжение усилителя около 1,5 В при малом выходном сопротивлении. Это позволяет пользоваться для контроля

низкоомными головными телефонами и стрелочным индикатором уровня. Если воспроизведение предполагается осуществлять через УНЧ радиоприемника, то последние два каскада усилителя воспроизведения не нужны. Напряжение с регулятора усиления может подаваться непосредственно на гнезда звукоснимателя радиоприемника.

Усилитель записи по схеме на рис. 5-11 рассчитан на работу от электродинамического микрофона, например МД-47 или МД-41. Граммофонный звукосниматель, радиотрансляционная линия и радиоприемник включаются на вход второго каскада. Частотная характеристика определяется действием частотно-зависимой обратной связи, охватывающей второй и третий каскады усилителя. Резистор R_2 — регулятор предыскажений. Изменение частотной характеристики производится подбором номиналов C_2 и R_8. Выход усилителя рассчитан на подключение головки записи с индуктивностью 7—10 мГ. Для универсальной головки с $L = 0{,}5 \div 1$ Г выходной каскад из усилителя с катодной нагрузкой превращают в усилитель с анодной нагрузкой, для чего резистор R_{15} замыкается накоротко, а в анодную цепь включается резистор сопротивлением 51 кОм. Напряжение на головку снимается с анода через конденсатор 0,1—0,25 мкФ. Фильтр-пробка L_1C_{14} и цепочка $R_{17}C_{13}$ заменяются в этом случае резистором 75 кОм.

Универсальный ламповый усилитель по схеме, приведенной на рис. 5-12, используется в магнитофоне «Спалис» класса *III*. Переход с записи на воспроизведение осуществляется переключателем *П*. При этом изменяется частотная характеристика усилителя, а универсальная головка подключается соответственно к его выходу или входу. Элементы цепей частотной коррекции соответствуют скорости ленты 19,05 см/с. Генератор тока ВЧ собран на одном из триодов лампы $Л_2$ типа 6Н1П. В индикаторе уровня применена лампа 6Е5С.

Анодное напряжение лампы получают от двухфазного выпрямителя на кенотроне $Л_5$. Такие выпрямители в современных магнитофонах не применяют, и если конструктор намеревается воспроизвести усилитель по схеме на рис. 5-12, то выпрямитель следует выполнить на полупроводниковых диодах по мостовой схеме (см. рис. 7-3). В двухфазном выпрямителе, от которого питается накал лампы $Л_1$ (первые два каскада усилителя), вместо снятых с производства диодов ДГ-Ц24 можно применить диоды Д7А или Д226Д.

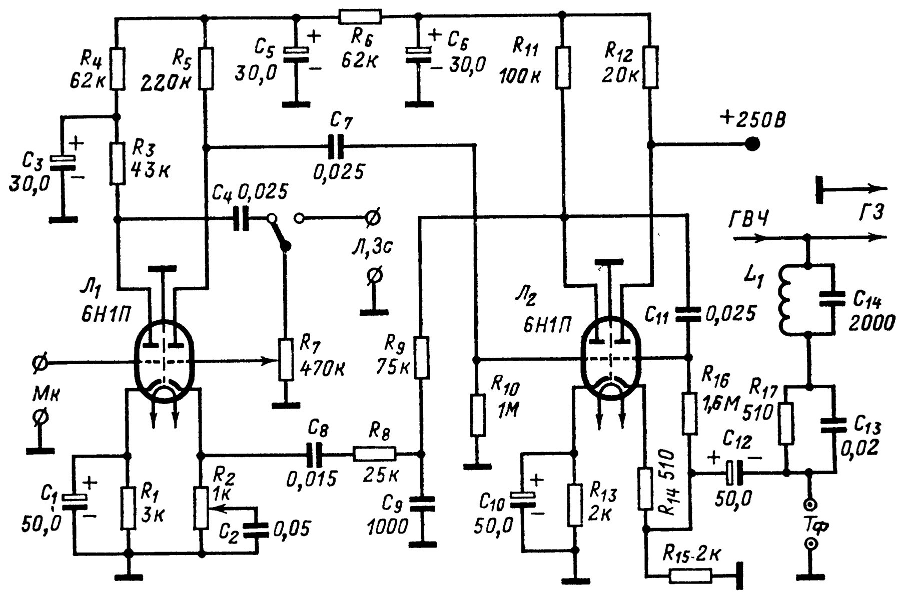


Рис. 5-11.

Универсальный транзисторный усилитель магнитофона класса III «Комета-206» (рис. 5-13). На вход усилителя включают низкоомную универсальную головку при воспроизведении или низкоомный микрофон при записи. Напряжение для раскачки оконечного каскада снимают с выхода третьего каскада, а на универсальную головку при записи — с выхода четвертого каскада. Параметры элементов цепей частотной коррекции, приведенные на схеме, соответствуют скорости ленты 9,53 см/с. Напряжение питания 9—12 В.

Входной трансформатор. В приведенных выше схемах высокоомный микрофон и высокоомная воспроизводящая головка могут быть заменены на низкоомные, если применить на входе повышающий трансформатор 1 : 15. Такое включение применяют в случаях, когда нужно удалить микрофон на расстояние более 1,5—2 м и магнитную го-

Род работы	Контакты												
	1	1	4	4	7	7	10	10	13	13	16	16	⊥
	2	3	5	6	8	9	11	12	14	15	17	18	6
Перемотка назад	●		●		●		●		●		●		●
Стоп	●		●		●		●		●			●	●
Перемотка вперед	●		●		●		●		●		●		●
Воспроизведение		●		●		●	●			●	●		
Запись	●		●		●			●	●		●		●

Рис. 5-12.

ловку — на расстояние более 20—30 см. Трансформатор собирается на сердечнике Ш6 × 9 из пермаллоевых пластин. Первичная обмотка содержит 314 витков ПЭЛ 0,1,

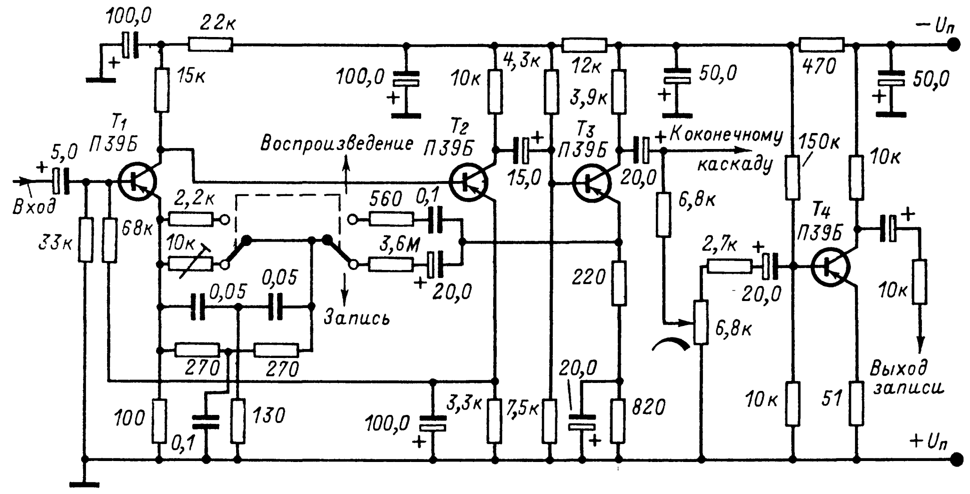


Рис. 5-13.

вторичная — 4 170 витков ПЭЛ 0,05. Между обмотками прокладывается экран в виде незамкнутого витка тонкой фольги, который соединяется с проводом нулевого потенциала в схеме.

Индикаторы уровня записи

Индикаторы уровня записи разделяются по своим свойствам на индикаторы средних значений и индикаторы пиковых значений. Последние более точны. По конструкции индикаторы разделяются на стрелочные, газосветные (с неоновыми лампами) и электронносветовые.

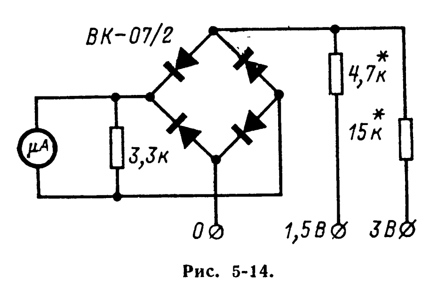


Рис. 5-14.

Стрелочный индикатор средних значений (рис. 5-14) наиболее удобен при записи. Его свойства определяются баллистическими данными применяемого микроамперметра.

Индикатор пиковых значений с неоновой лампой (рис. 5-15) наименее удобен, хотя и очень прост в изготовлении. Он обладает недостатком, который заключается в том, что в моменты вспышек лампа нагружает оконечный каскад усилителя магнитофона, что может вызвать увеличение нелинейных искажений. Ползунок переменного резистора устанавливают в такое положение, чтобы вспышки неоновой лампы происходили при максимальном уровне записываемого сигнала.

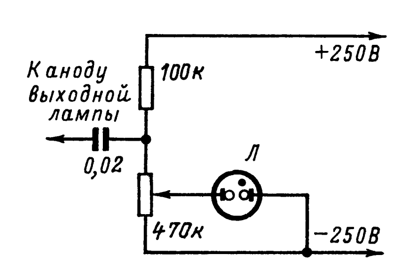


Рис. 5-15.

Электронно-световой индикатор (рис. 5-16) чаще всего применяют в любительских и бытовых магнитофонах. Его свойства определяются временем интеграции τ_1 и временем разряда τ_2 конденсатора C_2. У индикаторов пиковых значений $\tau_1 = R_2C = 5 \div 10$ мс, у индикаторов средних значений $\tau_1 = 200 \div 300$ мс. Время разряда $\tau_2 = 5\,C_2R_3$ должно иметь значение 1—2 мс.

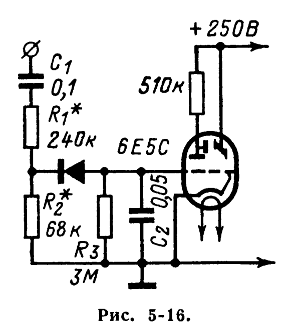


Рис. 5-16.

Схема индикатора уровня для стереофонического магнитофона приведена на рис. 5-17.

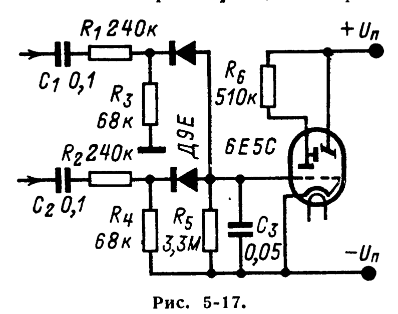


Рис. 5-17.

Свойства индикаторов можно изменять выбором параметров элементов их схем.

5-3. ЛЕНТОПРОТЯЖНЫЕ МЕХАНИЗМЫ МАГНИТОФОНОВ

Общие сведения

Большинство бытовых и самодельных любительских магнитофонов имеет лентопротяжный механизм с одним двигателем. Кинематическая схема такого механизма приведена на рис. 5-18. Здесь: *1* — электродвигатель; *2* — маховик ведущего вала; *3* — ведущий вал; *4* — прижимной ролик; *5* — фрикцион приемного узла; *6* — фрикцион подающего узла; *7* — обводной ролик; *8* — магнитные головки; *9—11* — пассики (бесконечные бесшовные ремни круглого сечения).

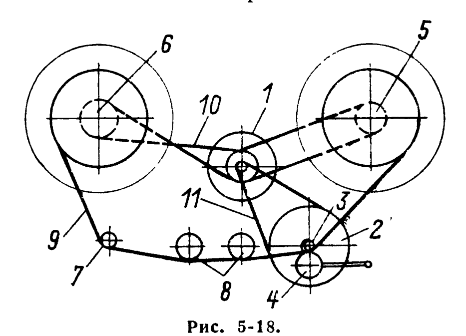


Рис. 5-18.

При питании от сети переменного тока используют асинхронные двигатели (табл. 5-3), а при питании от автономных источников — коллекторные двигатели постоянного тока (рис. 5-19) с центробежными регуляторами частоты вращения (табл. 5-4). Во время записи и воспроизведения ведущий узел лентопротяжного механизма продвигает магнитную ленту с постоянной рабочей скоростью. При этом лента прижимается свободно вращающимся обрезиненным роликом (который называется **прижимным**) к ведущему валу. Окружная скорость последнего соответствует рабочей скорости ленты. Ведущий вал вращается от двигателя через ременную передачу или с помощью промежуточного ролика. Для изменения скорости изменяют коэффициент передачи. Массивный маховик, соединенный с ведущим валом, стабилизирует частоту его вращения и уменьшает тем самым детонацию звука.

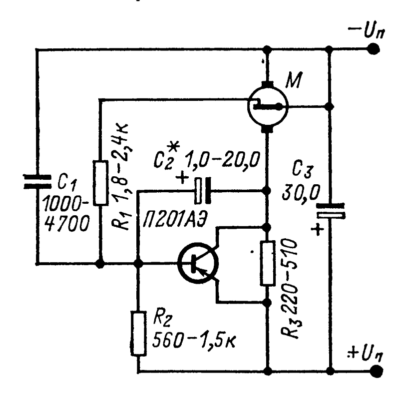


Рис. 5-19.

Таблица 5-3

Асинхронные двигатели для магнитофонов

Тип	Напряжение питания, В	Частота вращения, об/мин	Мощность на валу, Вт	Потребляемая мощность, Вт	Пусковой момент, Н. м	Масса, кг	Размеры (диаметр и высота без вылета вала или длина, ширина и высота), мм
ДВА-У3	220	1 430	30	90	0,2	4,2	∅ 110×132
ДВА-У4	220	700	5—6	37	0,14	4,2	∅ 110×132
ДАГ-1	110/220	1 200	2	14	0,008	1,4	∅ 70×100
ДАГ-1	127	2 500	5	23	0,015	1,4	∅ 70×100
АД-2	127	1 480	5	36	0,051	1,5	∅ 100×70
АД-5	127	1 450	5—7	35	0,035	1,35	∅ 87×77,5
ДМ-2	180	960/460	14	50	0,1	3	∅ 100×80
ЭПУ	110	2 500	2	15	0,008	0,45	64×64×60

Примечание. Рабочее положение двигателей — вертикальное.

Таблица 5-4

Коллекторные электродвигатели постоянного тока с постоянными магнитами и центробежными регуляторами скорости вращения

Характеристики	Тип двигателя		
	2ДКС-7 [1]	4ДКС-8 [2]	ДКС-9-2600 [3]
Напряжение питания, В	6 ± 1	13—16	6—9,2
Мощность на валу, Вт	0,13	0,8	—
То же в схеме без триода	—	0,4	—
То же в схеме с триодом [4]	—	0,8	0,2
Частота вращения, об/мин	2000 ± 30	2000 ± 30	2450^{+20}_{-50}
Масса, кг	0,08	0,25	0,085
Размеры, мм:			
высота (без вылета вала)	47,8	63,4	65
в плане	20,7×21,5	⌀ 40	⌀22
вылет вала	5,6	⌀ 18,5	10

[1] Направление вращения по часовой стрелке.
[2] Направление вращения против часовой стрелки.
[3] От магнитофона «Мрия».
[4] Схема включения приведена на рис. 5-19. Рабочее положение двигателей произвольное.

При записи и воспроизведении лента разматывается с катушки на подающем узле, проходит по обводному ролику или обводной стойке, по магнитным головкам, через ведущий узел и наматывается на катушку, установленную на приемном узле. Поэтому как приемный, так и подающий узлы должны быть соединены с двигателем.

Фрикционы. Так как частота вращения подающего и приемного узлов изменяется в зависимости от количества ленты на катушках, соединение двигателя с узлами должно производиться через проскальзывающие фрикционы. Подающий узел через фрикцион вращается в сторону, противоположную движению ленты. Это создает натяжение ленты, необходимое для того, чтобы она плотно прилегала к магнитным головкам. В некоторых механизмах лента для натяжения прижимается фетровой подушкой к обводной стойке или непосредственно к головке (см. § 5-5). При этом натяжение ленты со стороны подающего узла становится почти ненужным и он при записи и воспроизведении не соединяется с двигателем.

При ускоренной перемотке в ту или другую сторону прижимной ролик отходит и не прижимает ленту к ведущему валу, а подающий (или приемный) узел ускоряет свое вращение. Для этого обе части соответствующего фрикциона жестко сцепляют между собой или включают дополнительную механическую связь с двигателем.

Тормоза. Чтобы при остановке движения ленты катушки с лентой не раскручивались по инерции, лента не запутывалась и не обрывалась, необходимо ее тормозить, особенно после ускоренной перемотки. Тормозят ленту только со стороны катушки, с которой лента перед торможением разматывалась.

Кинематические схемы лентопротяжных механизмов различаются типами передач вращения, устройством тормозов, системами управления. Существуют магнитофоны с двумя направлениями записи и воспроизведения и двумя комплектами головок, расположенными до и после ведущего вала. В некоторых любительских конструкциях применяют два или три двигателя.

Примеры простых конструкций узлов лентопротяжных механизмов

Фрикцион (правый и левый). Конструкция фрикциона схематически показана на рис. 5-20. Верхняя его часть *10* (подкатушник) имеет ось *1*, на которую надева-

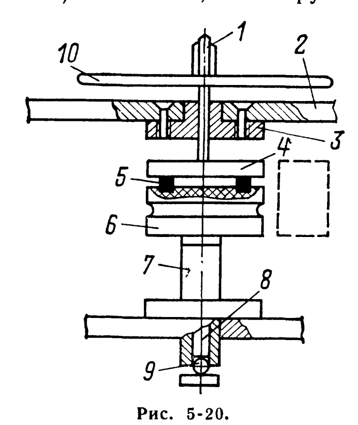


Рис. 5-20.

ется катушка с лентой. Ось свободно вращается в подшипнике *3*, укрепленном на панели магнитофона *2*. Конец нижней оси *8* проходит через подшипник *7* и опирается на стальной шарик *9*. Чтобы катушка не проворачивалась, в ось *1* вставлена шпонка, входящая в паз отверстия катушки (рис. 5-24). Нижняя часть фрикциона, также свободно вращаю-

щаяся, представляет собой текстолитовый шкив *6*, соединенный бесшовным резиновым ремнем (п а с с и к о м) с двигателем. Между диском *4* верхней части и шкивом *6* проложено фетровое или суконное кольцо *5*. Для него в шкиве сделана выточка. Вес катушки с лентой и верхней части фрикциона прижимает последнюю к фетровому кольцу и сцепляет ее с вращающейся нижней частью. Для усиления и регулировки сцепления в конструкции можно предусмотреть пружину.

Для ускоренной перемотки надо значительно увеличить сцепление между обеими

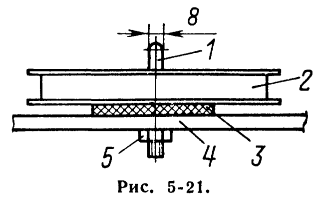


Рис. 5-21.

частями фрикциона. Для этого существует несколько способов. Можно, например, подвести сбоку обрезиненный свободно вращающийся ролик (на рис. 5-20 он показан пунктиром) или рычагом нажать снизу вверх на ось фрикциона.

И з г о т о в л е н и е п р о с т ы х ф р и к ц и о н о в. Фрикцион подающей катушки можно заменить шпилькой *1* диаметром 8 мм, неподвижно укрепляемой гайкой *5* на плате лентопротяжного механизма *4*. На шпильку надевается фетровый диск *3*, а затем катушка с лентой *2* (рис. 5-21). Трение, между фетром и платой, создает подтормаживание, которое в некоторых пределах автоматически регулируется: по мере уменьшения количества ленты на катушке вес последней и, следовательно, сила трения уменьшаются.

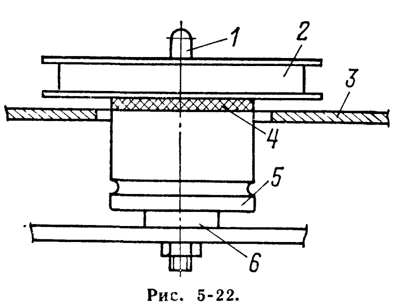


Рис. 5-22.

Ф р и к ц и о н п р и е м н о й к а т у ш к и (рис.5-22). Текстолитовый шкив *5* свободно вращается на неподвижной оси *1*, укрепленной на плате *3* гайкой *6*. На шкив надет фетровый или суконный диск *4* и катушка с лентой *2*. Диаметр канавки шкива (для соединения пассиком с двигателем) выбирается так, чтобы обеспечить частоту вращения шкива

$$\omega = \frac{0{,}5v}{d}, \text{ об/с},$$

где v — скорость ленты, см/с; d — внутренний диаметр катушки, см (см. табл. 5-7).

Подобные простейшие фрикционы не обеспечивают достаточной стабильности вращающего и тормозного моментов и не позволяют производить ускоренную перемотку ленты. Поэтому их можно рекомендовать только для первых опытов конструирования.

Тормоза. Для торможения ленты применяют устройства, действующие только в одном направлении. На оси вращения подающей и приемной катушек устанавливают

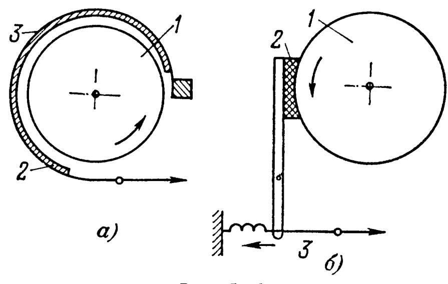


Рис. 5-23.

т о р м о з н ы е ш к и в ы из алюминия или текстолита. В некоторых конструкциях роль шкивов могут играть ведомые шкивы фрикционов соответствующих катушек. Во время торможения к тормозному шкиву *1* прижимается стальная т о р м о з н а я л е н т а *3*, оклеенная тонким сукном *2* (рис. 5-23,*а*), или т о р м о з н а я к о л о д к а (рис. 5-23,*б*). Тормоза правой и левой катушек должны быть устроены так, чтобы направление сильного торможения (показано на рисунке стрелками) совпадало с направлением вращения катушки, когда с нее при ускоренной перемотке сматывают ленту.

5-4. МАГНИТНАЯ ЛЕНТА

Общие сведения

Магнитные ленты, используемые для любительской звукозаписи, состоят из пластмассовой о с н о в ы шириной 6,25 ± 0,05 мм и нанесенного на нее р а б о ч е г о с л о я, содержащего частицы окиси железа. Размеры лент отечественного производства (см. табл. 5-5) соответствуют ГОСТ 8303-62, а методы их испытания изложены в ГОСТ 13625-67.

Совокупность параметров ленты, от которых зависит качество звукозаписи, называется э л е к т р о а к у с т и ч е с к и м и с в о й с т в а м и. Все ленты в той или иной степени обладают указанными ниже недостатками.

Коробление — искривленность ленты по ширине.

Сабельность — искривленность ленты по длине.

Разрушение рабочего слоя — осыпание магнитного порошка при прохождении ленты по тракту лентопротяжного механизма.

При неправильном хранении и эксплуатации ленты эти недостатки могут стать недопустимо большими.

Таблица 5-5

Магнитные ленты шириной 6,25 мм

Тип ленты	Материал основы	Толщина, мкм		Разрывное усилие, Н
		Общая	Основы	
Ленты изготовления Шосткинского завода, СССР				
1	Диацетат	~ 55	~ 38	—
2	То же	54	38	28
6	» »	58	32	26
10	Полиэтилентерефталат (лавсан)	37	27	35
Ленты изготовления фирмы ORWO, ГДР				
CP 35 6	Диацетат	37	27	—
PS 18 6	Полиэтилентерефталат	18	12	20,5
PS 25 6	То же	25	16	27,4

Примечание. Лентам типов 1 и 2 соответствуют ленты типов С и СН (ГДР).

Абразивность — свойство рабочего слоя ленты изнашивать поверхность тел, с которыми он соприкасается в процессе взаимного перемещения, в частности изнашивать магнитные головки, направляющие, ведущий вал и другие детали магнитофона. Абразивное действие ленты особенно велико при ее первом прогоне, поэтому абразивность можно уменьшить предварительной полировкой ленты, например, путем трения рабочего слоя одного участка движущейся ленты о рабочий слой другого участка. Полировка ленты кроме уменьшения абразивности улучшает ее частотную характеристику. Абразивность лент можно также уменьшить, покрывая ленту смазкой, например графитом, что приводит, однако, к некоторому ухудшению частотной характеристики.

Электризация — свойство ленты образовывать на своей поверхности при трении о детали лентопротяжного механизма электрические заряды. Они скапливаются на металлических деталях механизма, изолированных от корпуса (например, на сердечниках головок, залитых пластмассой, окрашенных дисках под рулонами лент), и периодически вызывают электрический пробой. Электризацию можно устранить, смочив ленту, но это вызывает ее коробление. Хотя заряды и электрические пробои не портят ленту и запись, но пробои создают помехи в виде щелчков в каналах записи и воспроизведения. Особенно сильно электризуется старая высохшая лента. Во влажном воздухе электризация меньше. Помеху электризации можно ослабить надежным соединением с корпусом всех металлических деталей лентопротяжного механизма и не допуская пересыхания лент при хранении.

Электроакустические свойства магнитных лент

Типовой лентой называется специально отобранная лента, принимаемая по своему качеству за образец, с которым при испытаниях сравниваются другие ленты и с помощью которой проверяется работа магнитофонов и магнитных головок.

Электроакустические свойства лент (табл. 5-6) определяются по типовой ленте в процессе записи с высокочастотным подмагничиванием и воспроизведения различных гармонических сигналов.

Так как результаты сильно зависят от величины тока подмагничивания, то принято выбирать его для тонких лент равным оптимальному для сигнала 1 000 Гц или на 20% большим, чем для сигнала 400 Гц — для лент толщиной 55 мкм. Последнее соответствует режиму, принятому для студийных магнитофонов. При сравнении испытываемой магнитной ленты с типовой ток подмагничивания подбирается под каждую ленту.

Относительная чувствительность — отношение остаточного магнитного потока при записи сигнала 400 Гц на испытываемой ленте к остаточному магнитному потоку при записи того же сигнала и при том же значении тока записи на типовой магнитной ленте. Уровень записи не должен превышать максимального.

Относительная частотная характеристика — разность между подъемом (или спадом) частотной характеристики записи — воспроизведения, полученной при испытуемой и типовой лентах на заданной частоте и при заданной скорости движения ленты.

Коэффициент третьей гармоники — отношение амплитуды остаточного магнитного потока третьей гармоники записанного сигнала (образовавшейся в ленте из-за нелинейности ее характеристики передачи) к амплитуде остаточного магнитного потока первой гармоники; определяется по соответствующим напряжениям на выходе усилителя воспроизведения при записи сигнала 400 Гц с максимальным уровнем.

Относительный уровень копирэффекта — отношение уровня записи наибольшего сигнала копии (эхо-сигнала) к уровню записи сигнала, с которого получена в результате копирэффекта копия. Измерения произво-

дятся обычно при частоте сигнала 400 Гц и при времени копирования 24 ч.

Относительный уровень шума намагниченной ленты — отношение уровня шума ленты, намагниченной постоянным магнитным полем, к максимальному уровню записи.

магнитный поток при частоте 400 Гц 320 нВб/м (эффективное значение). Более тонкие ленты испытываются при скорости 9,53 см/с и натяжении 0,6 ± 0,1 Н. За максимальный уровень записи принимают магнитный поток при частоте 400 Гц 256 нВб/м.

Таблица 5-6

Электроакустические свойства магнитных лент

Параметр	Тип ленты				
	10	PS 25 6	PS 18 6	2	6
Относительная величина ВЧ тока оптимального подмагничивания[1], дБ	—4	—4,3	—5,7	0	—3,5
Относительная чувствительность[1], дБ	5 ± 1,5	9	8,5	0	5,5
Относительная частотная характеристика[1]	12 ± 2	25	30	0	7
Коэффициент третьей гармоники не более, %	2,5	2,1	5	2,3	1,8
Относительный уровень копир-эффекта не более, дБ	—48	—54	—55	—50	—51
Относительный уровень шума намагниченной ленты не более, дБ	—40	—45	—42	—41	—36
Относительный уровень шума паузы не более, дБ	—	—	—	—63	—62
Относительный уровень стирания, дБ	—	—	—	—68	—80

[1] Относительно «типовой ленты», принимаемой при измерениях за образец.

Для намагничивания через головку записи вместе с током ВЧ подмагничивания пропускают постоянный ток, равный действующему значению тока записи, соответствующего максимальному уровню записи.

Относительный уровень шума паузы — отношение уровня шума на выходе усилителя воспроизведения в режиме «запись» при короткозамкнутом входе усилителя записи к уровню, соответствующему максимальному уровню записи.

Относительный уровень стирания — отношение уровня стертой записи к уровню той же записи до стирания. Определяется для сигнала 400 Гц, записанного с максимальным уровнем, после 24-часовой выдержки. Условия стирания соответствуют режиму работы хорошего студийного магнитофона.

Выпадение сигнала — кратковременный перерыв в записи или значительное уменьшение уровня записи, происшедшие из-за дефектов магнитной ленты. Причиной выпадения являются недостаточные плотность и равномерность распределения ферромагнитных частиц в рабочем слое ленты, неровность и запыленность ее поверхности, коробление и сабельность ленты. Выпадение особенно сказывается при малой скорости ленты; уменьшается при улучшении контакта ленты с магнитными головками.

Электроакустические свойства магнитных лент толщиной 55 мкм измеряются при скорости 38,1 см/с и натяжении 1 ± 0,2 Н. За максимальный уровень записи принимают

Намотка магнитной ленты

Магнитные ленты шириной 6,25 мм могут быть намотаны:

1) на сердечники типов I и II рабочим слоем наружу;

2) на катушки типа I рабочим слоем внутрь рулона;

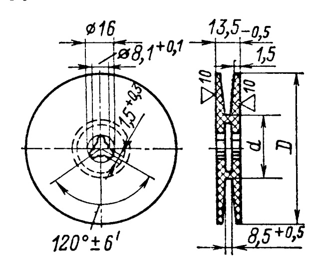


Рис. 5-24.

3) на катушки типа II рабочим слоем наружу рулона.

В бытовых и любительских магнитофонах используют катушки типа I, изготовленные из полистирола (рис. 5-24). Номер катушки приблизительно соответствует ее наружному диаметру в сантиметрах (см. табл. 5-7, 5-8).

Радиус рулона ленты r [см], обеспечивающего запись в течение времени t [с] при скорости v [см/с],

$$r \approx \sqrt{r_0^2 + tv\frac{q}{\pi}},$$

где r_0 — начальный радиус намотки рулона, см; q — толщина ленты см.

Таблица 5-7

Катушки для магнитной ленты

Номер катушки	Размеры (рис. 5-24), мм		Масса, г
	D*	d**	
7,5	7,5	35	25
10	100	35	30
13	127	45	45
15	147	50	70
22	220	90	130

* Допуск ±10 мм.
** Допуск ±1 мм.

Таблица 5-8

Длина магнитной ленты в рулоне при нормальной плотности намотки на катушку

Номер катушки	Толщина ленты, мкм			
	18	27	37	55
	Длина ленты в рулоне не менее, м			
7,5	135	90	75	50
10	20	180	150	100
13	540	360	270	180
15	750	500	375	250
18	1 050	700	525	350
22	1 500	1 000	750	500

Эксплуатация магнитных лент

Соединение магнитных лент. Соединение оборвавшейся магнитной ленты, а также ее монтаж могут производиться путем склеивания и сращивания. Для склейки концы ленты надо аккуратно обрезать ножницами, один из концов смазать клеем на участке 1 см вдоль ленты, сложить и на некоторое время сжать обе ленты пальцами. Чтобы при воспроизведении на склейке не возникала импульсная помеха (щелчок), ножницы должны быть хорошо размагничены. Ленты рекомендуется обрезать под углом 45°, при этом на слух склейка менее заметна.

Состав клея: уксусная кислота (23,5 см³), ацетон (63,5 см³), бутилацетат (13 см³).

Сращивание производят с помощью специальных липких лент. Магнитные ленты обрезают под прямым углом к краю, и узкая полоска липкой ленты накладывается на нерабочую сторону соединенных встык магнитных лент. Сращивание является единственным способом, позволяющим при звукозаписи на малой скорости сделать соединение незаметным на слух.

Ракорды. К началу и концу магнитной фонограммы приклеивают ракорд — цветную ленту, изготовленную из того же материала, что и основа магнитной ленты, но толще и прочнее. Ракорд предохраняет концы фонограммы от повреждений при пуске лентопротяжного механизма, когда неизбежно возникают толчки. Кроме того, он позволяет лентопротяжному механизму достичь номинальной скорости к началу фонограммы. На ракорде пишут или печатают название записи. Различные цвета ракордов (белый, желтый, зеленый, красный, синий) используют иногда для обозначения начала и конца фонограммы и для обозначения скорости.

Хранение лент. Магнитные ленты и фонограммы должны храниться в картонных коробках в вертикальном положении в помещении с температурой 10—20 °С и относительной влажностью 60%. Для лент очень вредно продолжительное воздействие температуры выше 30 °С, поэтому нельзя хранить ленты и фонограммы около отопительных приборов и держать их на солнце. От высокой температуры основа ленты высыхает, делается хрупкой и рвется. Высохшую ленту можно несколько улучшить, слегка смочив водой торцы рулона за 10—15 мин до ее использования. Во избежание коробления нельзя хранить ленту в сыром помещении. Рулон ленты должен иметь ровную, неребристую боковую поверхность, иначе возможны повреждения выступающих краев.

Лента должна быть ровно и одинаково плотно намотана на катушку. Наружный конец ленты прикрепляется к рулону липкой лентой или кусочком медицинского пластыря. Картонные коробки с лентой рекомендуется упаковывать в мешки из полиэтилена. Фонограммы надо оберегать от действия магнитных полей трансформаторов, электродвигателей, электродинамических микрофонов, громкоговорителей и других приборов во избежание повреждения записи и усиления помех от копирэффекта.

5-5. МАГНИТНЫЕ ГОЛОВКИ

Общие сведения

Магнитные головки разделяются на записывающие, воспроизводящие, стирающие, универсальные и комбинированные. Универсальную используют как записывающую и как воспроизводящую. Комбинированная головка, сочетающая две-три головки, выполняет одновременно несколько функций, например стирает и записывает или записывает и воспроизводит. В любительских и бытовых магнитофонах обычно используют комплект из стирающей и универсальной головок.

Магнитная головка состоит из сердечника, обмотки и арматуры крепления. Сердечник изготовляют из тонких пластин пермаллоя или феррита (последний применяют главным образом в стирающих головках); состоит он из двух половин (полусердечников) *1* (рис. 5-25), на которых расположена обмотка *4*. С той стороны, где головка соприкасается с магнитной лентой, полусердечники разделены узкой немагнитной (бронзовой или слюдяной) прокладкой для образования ра-

бочего зазора *2*. Ширина *d*, длина *l* и глубина зазора *t* являются важными параметрами головки. В записывающих и некоторых универсальных головках полусердечники разделены дополнительным зазором *3*, предотвращающим остаточное намагничивание сердечника.

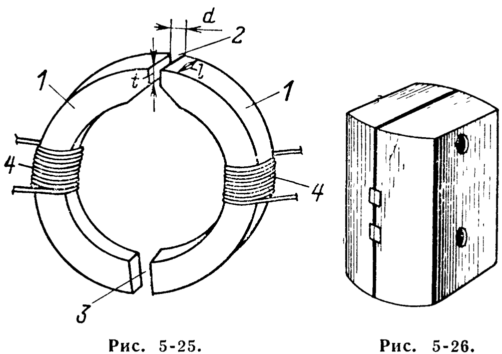


Рис. 5-25. Рис. 5-26.

Для стереофонической записи и воспроизведения и в некоторых случаях для стирания этой записи применяют блоки магнитных головок, конструктивно объединяющие несколько головок (по числу одновременно записываемых дорожек). На рис. 5-26 показан двухдорожечный блок универсальных магнитных головок стереофонического магнитофона «Яуза-10».

Изготовление магнитных головок очень сложно, поэтому в любительских магнитофонах рекомендуется использовать головки от бытовых магнитофонов заводского изготовления (табл. 5-9 и 5-10).

В зависимости от индуктивного сопротивления обмоток головки разделяют на высокоомные и низкоомные. Последние используют главным образом в транзисторных магнитофонах.

Для универсальных головок оптимальной шириной рабочего зазора является ширина, равная половине минимальной длины волны записи $\lambda_{мин} = v/f_{верхн}$, где v — скорость ленты; $f_{верхн}$ — верхняя частота рабо-

Таблица 5-9

Универсальные магнитные головки *

Марки магнитофонов	Ширина рабочего зазора,* мкм	Ширина дополнительного зазора, мкм	L, мГ	Количество витков обмотки	Диаметр провода обмотки, мм
Спалис, Гинтарас	10	100	750	2×1 500	0,08
Айдас	5	—	1 000	2×1 000	0,05
Мелодия МГ-56	8	100—150	—	2 550	0,05
Мелодия МГ-201	8	—	900	2 200	0,05
Яуза-5	8	100	1 250	2×2 500	0,05
Астра-2	5	—	3 000	500 + 3 500	0,05
Весна**	3,5	—	200	1 350	0,06
Орбита-1**	5	—	50—90	2×300	0,05

* Длина рабочего зазора во всех головках 2,5 мм.
** Для магнитофонов с усилителями на транзисторах.

Таблица 5-10

Стирающие магнитные головки

Марки магнитофонов	Ширина рабочего зазора, мкм *	L, мГ	Число витков обмотки	Диаметр провода обмотки, мм	Ток стирания, мА
Спалис, Гинтарас	100	10	2 × 200	0,2	35
Айдас	100	6	250	0,15	—
Мелодия МГ-56	200	—	400	0,15	40
Мелодия МГ-201	—	7	370	0,12	45
Яуза-5	200	4,5	300	0,12	30
Астра-2 **	200	7	420	0,18	40
Весна ***	50	1,5	160	0,1	—
Орбита-1 ***	20 + 200 ****	0,5	63	0,27	—

* Длина рабочего зазора всех головок 3 мм.
** С ферритовым сердечником
*** Для магнитофонов с усилителями на транзисторах.
**** Головка с двумя рабочими зазорами.

чего диапазона. Например, при скорости 9,53 см/с $f_{верхн} = 10\,000$ Гц ($\lambda_{мин} = \frac{9,53 \cdot 10^4}{10\,000} = 9,53$ мкм) оптимальная ширина рабочего зазора равна $9,53/2 \approx 5$ мкм. Более широкий зазор вызовет значительное ослабление верхних частот, более узкий — понизит э. д. с. головки при воспроизведении во всем диапазоне частот.

Установка магнитных головок

Положение магнитной головки необходимо отрегулировать по высоте, наклону рабочего зазора и его положению в пределах угла огибания головки лентой. Регулировка по высоте производится подбором толщины металлической шайбы, подкладываемой между головкой и установочной площадкой. Регулировка угла наклона рабочего зазора производится с помощью регулировочного винта, изменяющего наклон площадки по отношению к плате аппарата и к движущейся ленте (см. рис. 5-33).

Провода, подходящие к воспроизводящей или универсальной головке, должны быть тщательно экранированы. Два подводящих провода (например, МГШД) скручивают с шагом 3—5 мм, на свитые провода надевают мягкую изоляционную трубку и поверх нее — металлический чулок, который соединяют с корпусом магнитофона.

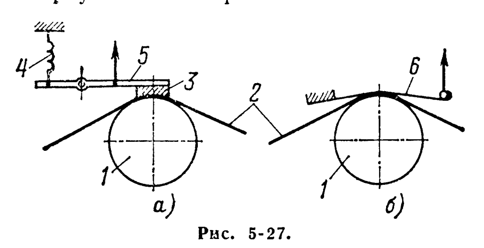


Рис. 5-27.

Для защиты головок от внешних электромагнитных полей при воспроизведении и уменьшения мешающего действия головок на другие детали магнитофона при записи и стирании головки заключают в экраны из магнитномягкого материала (например, пермаллоя 79НМ). Иногда такой экран одновременно является кожухом головки, в котором она заливается пластмассой. Для воспроизводящей головки однослойный экран часто недостаточен и применяют двух-трехслойные экраны с прокладками между ними из картона или меди. Для зарядки магнитной ленты в экране делают прорезь или откидную крышку либо с одной стороны оставляют головку открытой, но защищенной выступами экрана. Если каждый экран состоит из отдельных частей (например, имеет форму цилиндра с крышкой и дном), то соединения между ними должны быть как можно более плотными.

Давление ленты на головку. Для обеспечения хорошего качества записи и воспроизведения на верхних частотах необходим плотный контакт ленты *2* с головкой *1* (рис. 5-27). Его достигают, подтормаживая подающий узел лентопротяжного механизма либо прижимая ленту к рабочей поверхности головки с помощью пружины *4* фетровой подушкой *3*, укрепленной на рычаге *5*, или эластичной лентой *6*. В первом случае контактное давление

$$p = \frac{P}{\rho b},$$

где P — натяжение ленты около головки; ρ — радиус закругления рабочей поверхности головки (его можно измерить с помощью шаблона, вырезанного из картона — см. рис. 5-28); b — ширина зоны соприкосновения ленты с головкой (размер этой зоны

ρ=12мм ρ=10мм ρ=6мм ρ=4мм

Рис. 5-28.

в направлении, перпендикулярном направлению движения ленты); часто этот размер равен ширине ленты.

Во втором случае

$$p = \frac{P}{S},$$

где P — сила прижима ленты; S — площадь контакта ленты с головкой; ее можно определить по следу, оставляемому на головке движущейся лентой, если предварительно нанести на рабочую поверхность тонкий слой мела или чернил.

Средняя норма контактного давления $p = 8\,000$ Па. Исходя из нее, нетрудно рассчитать необходимое натяжение ленты или силу ее прижима.

Пример 1. Радиус закругления головки $\rho = 10$ мм, контакт ленты с головкой осуществляется по всей ширине ленты (6,25 мм), отсюда необходимое натяжение ленты

$$P = p\rho b = 8\,000 \cdot 10 \cdot 10^{-3} \cdot 6,25 \cdot 10^{-3} = 0,5\text{Н (50 г)}.$$

Пример 2. Ширина зоны контакта ленты с головкой равна ширине ленты (6,25 мм), а длина равна 5 мм, отсюда необходимая сила прижима ленты фетровой подушкой

$$P = pS = 8\,000 \cdot 5 \cdot 10^{-3} \cdot 6,25 \cdot 10^{-3} = 0,25\text{Н (25 г)}.$$

Эксплуатация магнитных головок

Рабочая поверхность головки может загрязняться магнитным порошком, отделяемым от движущейся ленты. Это резко ухудшает качество записи. Чистку головки можно производить заточенной спичкой и суконкой, смоченной в спирте. *Применение металлических предметов недопустимо!* Одновременно чистят и весь тракт движения ленты, следя за тем, чтобы пыль, магнитный поро-

шок и небольшие кусочки ленты не попали на движущиеся детали лентопротяжного механизма.

Новые головки следует размагнитить. Размагничивание головок производят и при эксплуатации, если к ним случайно прикоснулись стальным инструментом (например, ножницами, отверткой), а также когда резко увеличился шум при воспроизведении.

Для размагничивания применяют ручной электромагнит (рис. 5-29). Включив электромагнит в сеть, плавно подносят его к головке,

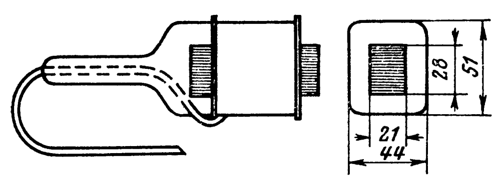


Рис. 5-29.

так же плавно удаляют на расстояние 0,5 м и выключают. Размагничивание следует производить при выключенном магнитофоне. Если головка имеет съемный экран, то перед размагничиванием его надо снять.

Нельзя оставлять электромагнит включенным более 1,5—2 мин, так как он перегревается. Необходимо следить, чтобы в поле электромагнита не оказались фонограмма и ручные часы.

Сердечник электромагнита собран из 60 пластин электротехнической стали толщиной 0,35 и длиной 70 мм. Обмотка содержит 1 680 витков ПЭЛ 0,38 для напряжения сети 220 В или 970 витков ПЭЛ 0,47 для напряжения сети 127 В.

5-6. НАЛАЖИВАНИЕ МАГНИТОФОНОВ

Измерительные магнитные ленты

Согласно ГОСТ 8304-69 измерительные магнитные ленты разделяются на радиовещательные (ЛИР) и бытовые (ЛИБ). Комплект измерительных лент состоит из части У, служащей для проверки уровня записи, части Ч — для проверки частотной характеристики канала воспроизведения и установки правильного наклона рабочих зазоров магнитных головок и части Д — для измерения коэффициента детонации. Часть У содержит запись сигнала с частотой 400 Гц, произведенную с максимально допустимым уровнем, который соответствует потоку 256 нВб на 1 м ширины дорожки записи. Часть Ч содержит нормированную запись ряда частот звукового диапазона. Часть Д содержит запись сигнала с частотой 3 150 Гц, выполненную с высокой стабильностью скорости. Кроме того, измерительные ленты (всех трех частей) подразделяются по группам (76, 38, 19, 9, 4) (группа соответствует скорости, для которой предназначена данная лента, выраженной в см/с, в целых величинах) и типам: тип 1 — одна дорожка по всей ширине ленты для проверки однодорожечных монофонических магнитофонов профессионального назначения; тип 2 — одна дорожка шириной $2{,}8^{+0{,}1}$ мм, расположенная с края ленты для проверки двухдорожечных монофонических бытовых магнитофонов; тип 3 — две дорожки шириной по $2{,}0^{+0{,}1}$ мм для проверки двухдорожечных стереофонических магнитофонов профессионального назначения; тип 4 — две дорожки шириной по $1{,}1^{+0{,}1}$ мм для проверки четырехдорожечных бытовых магнитофонов. Ленты ЛИБ отличаются от лент ЛИР несколько меньшей точностью и разной комплектовкой (часть Ч ленты ЛИБ может выполняться в виде нескольких рулонов ленты, каждый из которых содержит запись только одной частоты).

Испытание лентопротяжного механизма

Зарядив лентопротяжный механизм полной катушкой хорошей ленты (не высохшей, не растянутой, не покоробленной и желательно без склеек), проверяют ее движение при записи, воспроизведении и при ускоренных перемотках. Лента должна двигаться равномерно, без толчков (последние можно ощутить, прикоснувшись к ленте пальцем), во время движения не должна перемещаться вверх и вниз более чем на 0,5 мм (считая расстояние от самого верхнего до самого нижнего положения). Для проверки следует вблизи от головок поместить за лентой кусок

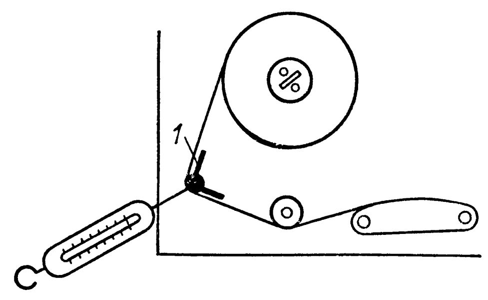


Рис. 5-30.

миллиметровой бумаги и наблюдать за движущейся на фоне этой бумаги лентой через лупу. Большее перемещение может быть вызвано неровной поверхностью прижимного ролика, плохой намоткой ленты на катушки, неправильной установкой направляющих. Края ленты не должны цепляться за борта катушек и подминаться на пути своего движения. Если прижим ленты к головкам осуществляется ее натяжением, то последнее должно быть не меньше расчетной величины, приведенной в § 5-5.

Измерение натяжения ленты. В первую очередь натяжение ленты надо проверить со стороны подающего узла в начале рабочего хода при полном рулоне на подающей катушке (когда оно минимально) и в конце (когда оно максимально) с помощью самодельного пружинного динамометра (рис. 5-30; цифрой *1* обозначены указатели правильного направления движения ленты). Динамометр следует

предварительно отградуировать набором гирь. На рис. 5-31 показано, как это делается; здесь *1* — нить, *2* — вспомогательный обводной ролик, *3* — гиря. Отношение максимального натяжения к минимальному не должно превышать двух. Натяжение изменяют регулировкой фрикциона подающего узла. После этого проверяют натяжение ленты со стороны

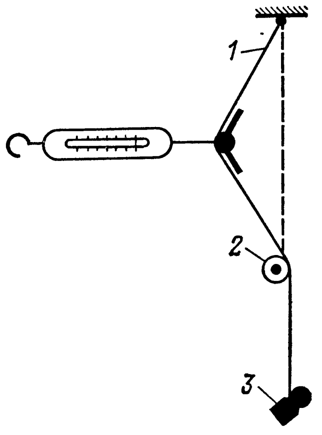


Рис. 5-31.

приемного узла; оно должно быть на 20—30% больше натяжения со стороны подающего узла во избежание образования петли при пуске ленты.

Если лента прижимается к универсальной головке фетровой подушкой, то натяжение ленты со стороны подающего узла регулируют так, чтобы подача ленты к головкам была равномерной (без толчков), а прижим ленты к головке стирания достаточно плотным.

Намотка ленты на катушку должна быть ровной, без уступов, лента должна плавно тормозиться при остановке. Слишком резкое торможение опасно, так как может растянуть ленту. Добившись хорошей работы лентопротяжного механизма, можно начать его испытание.

Измерение средней скорости ленты. Необходимо взять полную катушку размагниченной ленты и вклеить в нее два отрезка ленты длиной 1—2 см с какой-либо записью. Первый отрезок вклеивают на расстоянии 3—4 м от начала ленты, а второй — на расстоянии 22,86 м от первого. Расстояние между серединами отрезков надо измерить линейкой возможно точнее, не растягивая при этом ленту. Зарядив в магнитофон изготовленную таким путем контрольную ленту, включают его на воспроизведение и по секундомеру определяют интервал времени между звуковыми импульсами в момент прохождения вклеек около универсальной головки. При скорости 19,05 см/с этот интервал должен быть 120 с, при скорости 9,53 см/с — 240 с и т. д. Отклонение от указанных значений позволяет определить отличие скорости от номинала. Например, если в магнитофоне с номинальной скоростью 19,05 см/с измеренный интервал времени оказался 130 с, то отклонение скорости равно

$$\frac{(120-130)}{120}\cdot 100\,\% = -8{,}3\,\%.$$

Вклейки с записью можно заменить вклейками цветных ракордов. В этом случае наблюдают моменты их прохождения около какой-либо детали механизма, например около направляющей ленты.

Среднюю скорость ленты нужно измерить для двух режимов работы механизма, соответствующих началу и концу записи. Для этого катушку с контрольной лентой первый раз устанавливают на подающий узел, а второй раз — на приемный узел, отмотав 30—35 м ленты на подающую катушку.

Причиной больших отклонений скорости могут быть проскальзывание в передаче от двигателя к ведущему узлу, чрезмерное натяжение ленты со стороны подающего узла (например, из-за неисправности тормоза), неисправность электродвигателя и плохой прижим ленты к ведущему валу из-за выработки резины на прижимном ролике.

Измерение коэффициента детонации. Для этого измерения желательно иметь измерительную ленту (часть Д) и детонометр. Его включают на выход магнитофона. Если детонометра нет, то производят запись фортепианной музыки (особенно медленные чередования длительных аккордов) и по качеству ее звуковоспроизведения судят о допустимой величине детонации. При плохо работающем лентопротяжном механизме рояль звучит как гавайская гитара.

Причиной повышенной детонации являются обычно биения вращающихся деталей лентопротяжного механизма (особенно ведущего вала), выработка резиновых поверхностей роликов, дефекты пассиков, чрезмерно сильное натяжение ленты.

Испытание канала воспроизведения

До испытания канала воспроизведения нужно размагнитить магнитные головки и стальные детали механизма, с которыми соприкасается магнитная лента (см. § 5-5).

Для испытания канала воспроизведения нужно иметь измерительную ленту, соответствующую скорости ленты (части У и Ч), ламповый вольтметр и осциллограф.

Проверка правильности установки универсальной (воспроизводящей) головки. Головка устанавливается по высоте в соответствии со стандартным расположением дорожек записи, а ее рабочий зазор должен находиться в середине угла охвата головки лентой и под углом 90° к направлению движения ленты. Правильное расположение рабочего зазора *2* магнитной головки *1* по отношению к магнитной ленте *3* показано на рис. 5-32. Выполнение первых двух требований определяют осмотром взаимоположения головки и ленты. Угол наклона магнитной головки *1* (рис. 5-33) регулируют винтом *4*, изменяющим положение площадки *2*, на которой крепится

головка. Винт *5* является стопорным; *3* — панель магнитофона, *6* — стальной шарик.

Чтобы установить правильный наклон рабочего зазора, воспроизводят запись сигналов высокой частоты, содержащуюся в части Ч измерительной ленты, и регулируют наклон головки так, чтобы выходное напряжение усилителя воспроизведения было максимальным. Наблюдая стабильность напряжения на осциллографе, можно оценить качество прижима ленты к головке. Если прижим хороший, то амплитуда выходного напряжения изменяется не более чем на 30%.

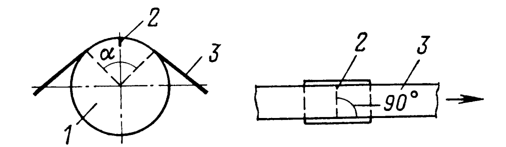


Рис. 5-32.

Наклон рабочего зазора головки можно отрегулировать без измерительной ленты, воспроизводя хорошую музыкальную запись, сделанную на магнитофоне с заведомо правильно установленной головкой. Изменяя во время воспроизведения наклон рабочего зазора, находят такое его положение, при котором лучше всего воспроизводятся высокие звуки. При этом регулятор тембра надо поставить в положение, соответствующее максимальному усилению на верхних частотах.

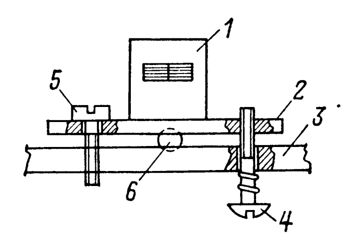


Рис. 5-33.

Проверка частотной характеристики канала воспроизведения по измерительной ленте (часть Ч). Отсчитывая показания лампового вольтметра на ряде частот, строят частотную характеристику канала; она должна быть максимально близка к требуемой по ГОСТ (см. § 5-1).

Если характеристика канала воспроизведения неудовлетворительна, проверяют частотную характеристику усилителя в режиме воспроизведения. Для этого на его вход подают напряжение от звукового генератора через делитель из резисторов R_1 и R_2 (рис. 5-34), размещаемый непосредственно у головки. Поддерживая уровень напряжения генератора постоянным, изменяют его частоту и для каждого ее значения определяют выходное напряжение усилителя. Напряжение генератора должно быть таким, чтобы в пределах всего рабочего диапазона частот напряжение на выходе усилителя не превышало значения, максимально допустимого для данного магнитофона. Частотная характеристика усилителя должна соответствовать табл. 5-2. Коррекция характеристики производится изменением параметров элементов схемы усилителя.

Причиной плохой частотной характеристики канала воспроизведения чаще всего является не усилитель, а магнитная головка. Наиболее часты следующие дефекты головки: загрязненность рабочей поверхности, непрямолинейность рабочего зазора (дефект изготовления), износ сердечника головки и расширение вследствие этого рабочего зазора.

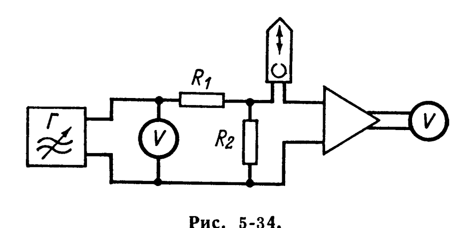


Рис. 5-34.

При отсутствии измерительной ленты, когда нельзя проверить частотную характеристику канала воспроизведения, следует лишь установить правильную характеристику усилителя при воспроизведении, а о качестве головки можно судить, сравнивая звучание хорошей музыкальной записи на испытуемом и на другом заведомо исправном магнитофоне. Для правильного сравнения надо прослушивание в обоих случаях производить через один и тот же громкоговоритель.

Испытание высокочастотного генератора

Включив магнитофон на запись, но без ленты, измеряют частоту и величину тока через головку стирания. Частоту измеряют с помощью осциллографа методом фигур Лиссажу; она должна соответствовать данным используемой схемы генератора (обычно 40—80 кГц). Ток стирания измеряют ламповым вольтметром, подключенным параллельно резистору сопротивлением 10 Ом, включенному на время измерений последовательно с головкой стирания в заземленный провод. Величину тока рассчитывают по закону Ома. Подключив к упомянутому резистору осциллограф, проверяют симметричность кривой тока стирания (обычно это синусоидальный ток). Если ток стирания для данной головки мал, надо проверить лампу (транзистор) генератора, режим ее работы и изменить емкость включенного последовательно с головкой конденсатора. Отсутствие колебаний или искаженная их форма чаще всего бывают вследствие пробоя между витками катушки контура или неисправности лампы (транзистора). Проверив работу генератора, испытывают качество стирания записей. Для этого можно воспользоваться лентами с ненужными записями, сделанными с большим уровнем. Зарядив ленту в магнитофон, включают его на 2—3 мин на запись при выведенном регу-

ляторе усиления. Перемотав после этого ленту, прослушивают стертый участок при полностью введенном регуляторе громкости и определяют на слух качество стирания. Нормально старая запись должна слабо прослушиваться только в отдельных, наиболее громких местах.

Причинами плохого стирания могут быть недостаточный ток стирания, загрязнение головки стирания, плохой контакт ее с движущейся лентой, неправильная установка головки по высоте (сердечник головки не перекрывает полностью дорожку записи) либо неисправность головки (чаще всего короткое замыкание части витков обмотки). Последнее можно обнаружить, измерив ее индуктивность.

Испытание канала записи-воспроизведения

Установка тока подмагничивания. На вход усилителя магнитофона подают от звукового генератора напряжение с частотой 1 000 Гц и регулятором усиления устанавливают уровень записи, при котором затемненный сектор электронно-светового индикатора уровня лишь немного сузился. Производят подряд несколько записей при различных значениях емкости конденсатора, регулирующего ток подмагничивания, и запоминают эти положения. Потом, при воспроизведении, сравнивают записи между собой и определяют, для какой из них выходное напряжение усилителя воспроизведения получилось наибольшим. Соответствующее этой записи подмагничивание и устанавливают в магнитофоне.

В магнитофонах с двумя или тремя скоростями подмагничивание подбирается для большей скорости и для ленты того типа, на которую магнитофон рассчитан.

Настройка индикатора уровня записи. На вход магнитофона подают сигнал 400 Гц с напряжением $u_{вх1}$ и регулятором усиления устанавливают схождение затемненного сектора лампы индикатора. Производят запись, перематывают ленту и воспроизводят запись, измеряя выходное напряжение $u_{вых1}$ — при неизменном положении регулятора усиления. При том же его положении воспроизводят запись части У измерительной ленты и измеряют соответствующее ей выходное напряжение $u_{вых2}$. Если $u_{вых2} \approx u_{вых1}$, то индикатор уровня настроен правильно. Если же эти напряжения неодинаковы, то необходима регулировка потенциометра на входе схемы индикатора либо подбор сопротивлений делителя напряжения до положения, при котором входное напряжение магнитофона изменяется до значения

$$u_{вх2} = u_{вх1} \frac{u_{вых2}}{u_{вых1}}.$$

При этом новом значении входного напряжения затемненный сектор лампы индикатора уровня должен вновь сойтись.

Измерение частотной характеристики канала запись-воспроизведение. На вход магнитофона подают постоянное напряжение от звукового генератора, производят запись

Таблица 5-11

Основные электрические и конструктивные данные микрофонов

Тип микрофона	Номинальный диапазон частот, Гц	Неравномерность частотной характеристики, дБ	Чувствительность на частоте 1 000 Гц при номинальной активной нагрузке, мВ/Па	Номинальное сопротивление нагрузки, Ом	Средняя разность чувствительности между фронтом и тылом, дБ	Вид характеристики направленности *	Согласующий трансформатор **: Число витков и марка провода, w_1	Согласующий трансформатор **: Число витков и марка провода, w_2	Габариты, мм	Масса с подставкой, г
МД-41	100—5 000	25	30	500 000	—	НН	140 ПЭЛШО 0,25	3 500 ПЭВ 0,13	94×85×63	560
МД-44	100—8 000	12	0,63	250	10	ОН	—	—	33×50	200
МД-47	100—10 000	20	15	500 000	—	НН	40—40 ПЭЛ 0,07; Ш10×5	3 000	94×71×32	260
МД-55	60—8 000	12	1,25	250	—	НН	—	—	60×80	1 650

* Н — ненаправленная круговая, ОН — однонаправленная (кардиодная).
** Входит в конструкцию микрофона.

сигналов ряда частот звукового диапазона, воспроизводят эту запись и по результатам измерения выходного напряжения строят частотную характеристику. Если она неудовлетворительна, то надо проверить частотную характеристику усилителя при записи. При раздельных головках записи и воспроизведения обязательна регулировка наклона рабочего зазора головки записи (осуществляется при записи сигнала высокой частоты, путем ряда проб). Перед проверкой частотной характеристики отпаивают провод, по которому от генератора подается в головку ток подмагничивания, в заземленный провод, подходящий к головке, впаивают резистор сопротивлением 100 Ом и параллельно ему подключают ламповый вольтметр. Показания вольтметра будут пропорциональны току записи. После этого магнитофон переключают в режим записи и снимают частотную характеристику (зависимость тока записи от частоты при постоянном входном напряжении). Она должна быть близка к приведенной в § 5-1. Причинами плохой характеристики канала запись-воспроизведение (кроме неправильной частотной характеристики усилителя при записи) могут быть чрезмерно большой ток подмагничивания и дефекты рабочего зазора магнитной головки. В некоторых случаях универсальная головка может удовлетворительно работать при воспроизведении, но плохо при записи.

Испытание магнитофона заканчивается проведением пробных записей и прослушиванием их. Больше всего для этого подходят записи радиоприема в диапазоне УКВ или с трансляционной сети. При прослушивании надо обратить внимание на степень заметности нелинейных искажений, фона и шума. Причиной нелинейных искажений могут быть недостаточный ток подмагничивания, неправильная настройка индикатора уровня (из-за чего возникает перемодуляция) и искажения в усилителе. В последнем случае искажения слышны через громкоговоритель магнитофона уже во время записи.

Источником фона в записи является обычно фон усилителя из-за наводок от двигателя, трансформатора питания и пульсаций питающих напряжений. Повышенный шум в записи (шипение) свидетельствует о несимметричной форме тока подмагничивания либо об остаточной намагниченности универсальной головки.

Микрофоны для любительской звукозаписи

Основные данные микрофонов приведены в табл. 5-11. Микрофоны МД-41 и МД-47 применяют для ламповых магнитофонов, МД-44 и МД-55 — для транзисторных, хотя и их можно включать в ламповые магнитофоны через повышающие трансформаторы. Микрофон МД-44 особенно удобен для репортажных записей, благодаря направленности этого микрофона действие окружающего шума на запись ослабляется.

Нормальное расстояние от микрофона до источника звука 0,5 м. При меньшем расстоянии записанный звук будет казаться глухим, а при большем — более звонким; кроме того, будет больше ощущаться объем помещения. В шумном помещении микрофон следует располагать возможно ближе к источнику звука. Для записи звука от многих источников микрофон надо подвешивать в их центре на высоте 2—2,5 м от пола. При записи на открытом воздухе микрофон надо оберегать от прямого действия ветра. Для этого микрофон можно снабдить коротким рупором или козырьком из картона.

АППАРАТУРА ДЛЯ ЛЮБИТЕЛЬСКОЙ РАДИОСВЯЗИ

РАЗДЕЛ 6

СОДЕРЖАНИЕ

6-1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Диапазоны частот для любительской радиосвязи

Любительским радиостанциям разрешена работа в следующих диапазонах частот:

80-метровом — 3,5—3,65 МГц;
40-метровом — 7,0—7,1 МГц;
20-метровом — 14,0—14,35 МГц;
15-метровом — 21,0—21,45 МГц;
10-метровом — 28,0—29,7 МГц.
2-метровом — 144—146 МГц;
70-сантиметровом — 430—440 МГц;
23-сантиметровом — 1,215—1,30 ГГц;
5-сантиметровом — 5,65—5,67 ГГц;
3-сантиметровом — 10,0—10,5 ГГц;
1,5-сантиметровом — 21,0—22,0 ГГц.

Постройка передатчика и работа на нем допустимы только после получения разрешения органов Министерства связи, которое выдается по ходатайству радиоклуба ДОСААФ.

Виды работы и категории любительских радиостанций

При любительских связях применяются: телеграфия незатухающими колебаниями; телефония с АМ; телефония с АМ на одной боковой полосе частот; телефония с ЧМ.

Коротковолновым станциям третьей категории разрешается передача телеграфом в 80-, 40-, 10-метровом и всех УКВ диапазонах. При работе в диапазонах 80, 40 и 10 м мощность передатчика не должна быть более 10 Вт, а в УКВ диапазонах — 5 Вт. Разрешается работа телефоном с АМ в диапазоне 28,2—29,7 МГц, а также с АМ и ЧМ на всех УКВ диапазонах.

Коротковолновым станциям второй категории разрешается работа телеграфом в 80-, 40-, 20-, 10-метровом и всех УКВ диапазонах. При работе в диапазонах 80, 40, 20 и 10 м мощность передатчика не должна превышать 40 Вт, а в диапазонах УКВ — 5 Вт. Разрешается работа телефоном с АМ или на одной боковой полосе в диапазонах 3,6—3,65; 28,2—29,7 МГц и с АМ и ЧМ на УКВ диапазонах.

Радиостанциям второй категории коллективного пользования дополнительно разрешается работа телефоном с АМ или на одной боковой полосе в диапазонах 7,04—7,10 и 14,11—14,35 МГц.

Коротковолновым радиостанциям первой категории разрешается работа телеграфом во всех любительских КВ диапазонах при мощности передатчика не более 200 Вт и в УКВ диапазонах при мощности до 5 Вт, а также телефоном с АМ или на одной боковой полосе в диапазонах: 3,60—3,65 кГц и 7,04—7,10; 14,11—14,35; 21,15—21,45; 28,2—29,7 МГц и с ЧМ или АМ на УКВ.

Для УКВ любительских станций распределение мощностей и видов работы по категориям такое же, как и для КВ станций.

6-2. ПЕРЕДАТЧИКИ

Параметры передатчиков

Выходная мощность — мощность полезного сигнала, отдаваемая передатчиком в фидер, питающий антенну. Выходную мощность

передатчика можно определить с достаточной точностью, нагрузив его на лампу накаливания и подобрав ее мощность так, чтобы она горела с полным накалом.

Подводимая мощность — мощность постоянного тока, поступающая от источника питания в анодную цепь выходного каскада передатчика (указывается в разрешении на любительскую радиостанцию). При работе телеграфом подводимая мощность равна произведению напряжения источника питания анодной цепи выходного каскада передатчика на анодный ток этого каскада при нажатии на ключ.

При работе телефоном с АМ или ЧМ мощность, подводимая к выходному каскаду, определяется в отсутствие модулирующего сигнала.

При работе на одной боковой полосе различают среднее значение подводимой мощности и мощность, подводимую при пиках огибающей сигнала. Последняя измеряется как произведение напряжения источника питания анодной цепи выходного каскада на анодный ток этого каскада в момент передачи максимально возможной амплитуды синусоидального (однотонового) сигнала.

В однополосном телефонном передатчике без искусственного сжатия динамического диапазона излучаемого сигнала средняя мощность, подводимая к выходному каскаду, может быть принята равной половине мощности, подводимой на пиках огибающей. При применении устройств сжатия динамического диапазона средняя мощность возрастает и может быть близка к мощности на пиках огибающей.

Коэффициент полезного действия (к. п. д.) передатчика — отношение выходной мощности к мощности, поступающей от источников питания. Любительские передатчики обычно имеют к. п. д. 20—50%.

Абсолютная стабильность частоты — величина ухода частоты передатчика за определенное время; для любительского передатчика за 15 мин работы она должна быть не более: при работе телеграфом — 1 кГц; при работе телефоном с АМ — 2 кГц; при работе на одной боковой полосе — 200 Гц.

Стабильность частоты любительского передатчика за все время непрерывной работы должна быть такой, чтобы сохранялась градуировка шкалы установки частоты; если деления на шкале нанесены через 10 кГц, уход частоты не должен быть больше чем 0,5—1 кГц. Вследствие трудности получения такой высокой стабильности частоты радиолюбители часто устанавливают частоту по точной шкале приемника, а в передатчиках используют грубые шкалы установки частоты.

Относительная стабильность частоты — отношение абсолютного значения стабильности частоты к частоте, на которой работает передатчик. Работа радиолюбительских передатчиков с относительной стабильностью частоты более 0,02% за 15 мин работы запрещена.

Точность установки частоты — максимальная ошибка установки частоты передатчика по его шкале. Определяется конструкцией шкалы установки частоты передатчика и стабильностью его частоты. Для обеспечения выхода на связь на указанной корреспондентом частоте точность установки частоты должна быть не хуже 3 кГц.

Структурные схемы любительских передатчиков

Телеграфный передатчик на один диапазон (рис. 6-1, *а*). Задающий генератор *ЗГ* вырабатывает стабильные по частоте колебания ВЧ. Усилитель мощности *УМ* усиливает эти колебания и устраняет влияние изменения параметров антенны на частоту передатчика. Управление излучением (телеграфная манипуляция) осуществляется в усилителе мощности.

Передатчик для работы телеграфом на нескольких диапазонах (рис. 6-1, *б*). Задающий генератор *ЗГ* работает в диапазоне частот наиболее низкочастотного из используемых любительских диапазонов или в диапазоне частот, в целое число раз меньших частот низкочастотного диапазона. Требуемые частоты на выходе передатчика получают с помощью умножителей (обычно удвоителей или утроителей) частоты. Например, передатчик, предназначенный для работы в 80-, 40-, 20-, 15- и 10 метровом диапазонах, может иметь задающий генератор, работающий в 80-метровом диапазоне. При работе в диапазоне 80 м умножение частоты не используется, при работе на 40 м применяется один удвоитель частоты, на 20 м — два удвоителя частоты, включенных последовательно, на 10 м — три удвоителя и на 15 м — включенные последовательно удвоитель и утроитель частоты.

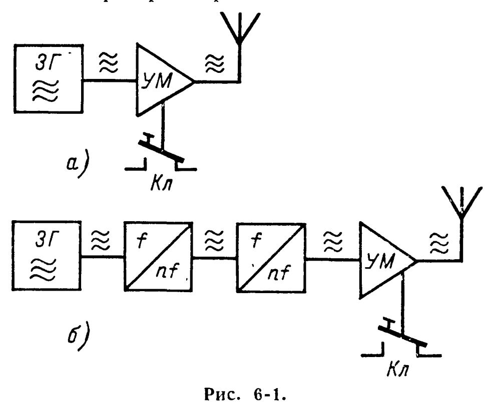


Рис. 6-1.

Лампа или транзистор задающего генератора нередко одновременно осуществляет удвоение или утроение частоты.

Телефонный передатчик с АМ (рис. 6-2). Для телефонирования с АМ передатчик должен иметь модулятор *М*. Модуляция осуществляется в мощном усилителе (выходном каскаде) передатчика *УМ*.

Телефонный передатчик, работающий на одной боковой полосе частот (рис. 6-3, *а*). На

выходе устройства формирования однополосного сигнала *УФОС* получается сигнал такого

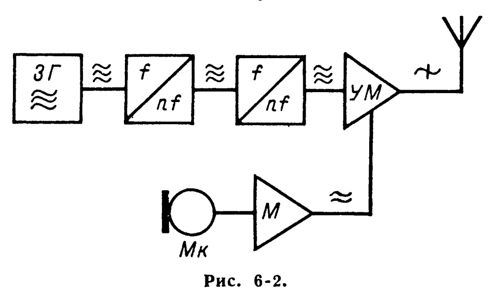


Рис. 6-2.

вида с фиксированной частотой. Задающий генератор *ЗГ*, обеспечивающий перестройку передатчика, работает в диапазоне частот, сумме (или разности) частот формирования однополосного сигнала и задающего генератора. Для переноса этого сигнала в необходимый диапазон используется второй смеситель, на который подается сигнал от генератора фиксированной частоты *Г* (*Частота подставки*). При работе на одном диапазоне частота этого генератора остается неизменной. На выходе второго смесителя может выделяться сумма либо разность частот генератора фиксированной частоты и однополосного сигнала. При неудачном выборе этих частот передатчик будет излучать ряд частот как внутри, так и вне любительских диапазонов. Радиолюбители используют следующие варианты выбора этих частот:

Вариант А. Частота формирования однополосного сигнала 0,5 МГц. Задающий генератор работает в диапазоне частот 3,5—

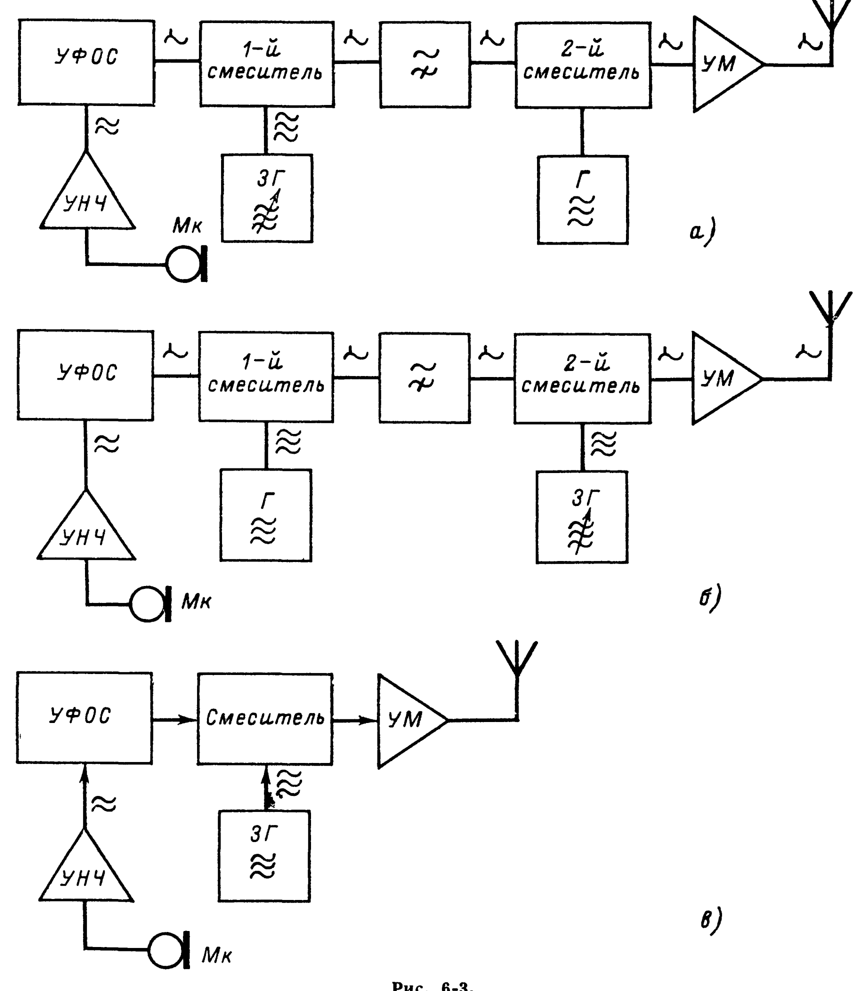


Рис. 6-3.

не зависящем от диапазона, в котором должен работать передатчик. Перестраиваемый фильтр на выходе первого смесителя выделяет однополосный сигнал, частота которого равна 4 МГц. Перестраиваемый фильтр выделяет суммарную частоту, т. е. 4—4,5 МГц. Частоты генератора фиксированных частот: для диапазона 80 м — 8 МГц, для 40 м —

11,5 МГц, для 20 м — 10 МГц, для 15 м — 17 МГц и для 10 м — 24 МГц; 24,5 МГц, 25 МГц, 25,5 МГц.

Вариант Б. Частота формирования однополосного сигнала 0,5 МГц. Задающий генератор работает в диапазоне частот 5,5—6,0 МГц. Перестраиваемый фильтр выделяет разностную частоту, т. е. 5—5,5 МГц. Частоты генератора фиксированных частот — для диапазона 80 м — 9 МГц, для 40 м — 12,5 МГц, для 20 м — 19,5 МГц, для 15 м — 33,5 МГц и для 10 м — 33,5 МГц, 34 МГц, 34,5 МГц, 35 МГц.

Линейный усилитель мощности *УМ* усиливает полученный сигнал до требуемого уровня.

В однополосном передатчике по структурной схеме, показанной на рис. 6-3, *б*, генератор фиксированной частоты *Г*, 1-й смеситель и фильтр на его выходе осуществляют перенос спектра однополосного сигнала на более высокую частоту. Задающий генератор *ЗГ* на каждом диапазоне работает в различном участке частот. Вариант выбора частот для этого передатчика: частота формирования однополосного сигнала 0,5 МГц; частота фиксированного генератора — 4,75 МГц; выделяющий суммарную частоту фильтр настроен на 5,25 МГц. Задающий генератор работает на диапазоне 80 м на частотах 8,75—8,90 МГц, на 40 м — 12,25—12,35 МГц, на 20 м — 8,75—9,10 МГц, на 15 м — 15,75—16,20 МГц и на 10-метровом диапазоне — 22,75—24,45 МГц.

При формировании однополосного сигнала на высоких частотах структурная схема передатчика упрощается (рис. 6-3, *в*); при частоте формирования однополосного сигнала 5,25 МГц частоты задающего генератора должны быть такими же, как для блок-схемы по рис. 6-3, *б*.

Задающие генераторы. Стабилизация частоты

Задающий генератор может работать на одной фиксированной частоте или перестраиваться в требуемом диапазоне частот. Основное требование, предъявляемое ко всякому задающему генератору, — стабильность частоты колебаний на его выходе.

Генератор с параметрической стабилизацией на фиксированную частоту (рис. 6-4). При указанных на схеме емкостях конденсаторов колебательного контура и катушке L_1 с приводимыми ниже конструктивными данными на выходе генератора получаются колебания со стабильной частотой 0,5 МГц. По такой схеме можно выполнить генератор фиксированной (опорной) частоты передатчика, работающего на одной боковой полосе частот.

Катушка L_1 намотана на пластмассовом каркасе диаметром 10 мм способом «универсаль» проводом ЛЭШО 7 × 0,07, ширина намотки 8 мм, высота намотки 3 мм, число витков 180.

Катушка L_2 намотана внавал на каркасе диаметром 9 мм с сердечником типа СЦР-1; длина намотки 15 мм; 150 витков ЛЭШО 21 × 0,05; длина намотки 15 мм. Катушка связи L_3 намотана на том же каркасе вплотную к заземленному концу катушки L_2 и содержит 15—20 витков ПЭВ-1 0,3.

Изменением емкости конденсатора C_2 можно регулировать частоту в некоторых пределах, что позволяет точно сопрячь частоту генератора с характеристикой фильтра.

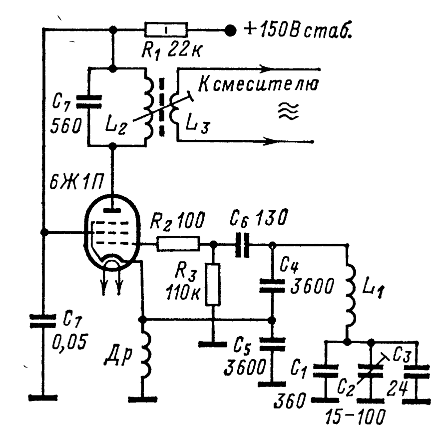


Рис. 6-4.

Генератор с параметрической стабилизацией для телефонного передатчика по структурной схеме на рис. 6-3, *б* с выходными частотами, указанными в предыдущем параграфе. При работе передатчика в 20- и 80-метровом диапазонах анодный контур настраивается на основную частоту генератора (включается катушка L_5 с конденсаторами C_{21} и C_{22} — рис. 6-5), а на 10-, 15- и 40-метровых диапазонах — на вторую гармонику.

Каждый из конденсаторов, подключаемых к катушке L_1 переключателем $П_1$, состоит из двух конденсаторов постоянной емкости и подстроечника с воздушным диэлектриком, с помощью которого производится установка частоты начала диапазона. Каждая емкость C_1, C_3, C_5, C_7 образована двумя конденсаторами: одним с нулевым, а другим с отрицательным ТКЕ. Соотношение емкостей этих конденсаторов зависит от типа катушки L_1 и ТКЕ конденсатора переменной емкости.

Катушка L_1 намотана на керамическом каркасе диаметром 20 мм посеребренным неизолированным проводом диаметром 0,8 мм (длина намотки 11 мм, число витков 7, отвод от 2-го витка, считая от заземленного конца).

Катушки L_2, L_3, L_4 и L_5 намотаны проводом ПЭШО 0,44 на пластмассовых каркасах диаметром 8,8 мм с сердечниками-подстроечниками СЦР-1; намотка однослойная виток к витку (катушка L_2 — 6 витков, L_3 — 10 витков, L_4 — 12 витков, L_5 — 14 витков).

Задающий генератор на транзисторе КТ306А-В (рис. 6-6). С данными деталей, обозначенными на схеме, генератор работает в диапазоне частот 2—3 МГц. При других параметрах контура и элементов связи могут быть получены частоты до 20 МГц. Выбега

частоты практически нет, в отличие от лампового генератора, у которого за счет прогрева лампы выбег частоты длится 10—15 мин.

Катушка L_1 намотана на керамическом каркасе диаметром 10 мм проводом ПЭВ-2 0,35, длина намотки 11 мм, число витков 28.

быть возможно более короткими и прямыми. Все элементы контура должны быть присоединены к одной точке шасси.

Контур задающего генератора должен быть защищен экраном (сплошным или в виде перегородки) от воздействия ВЧ полей по-

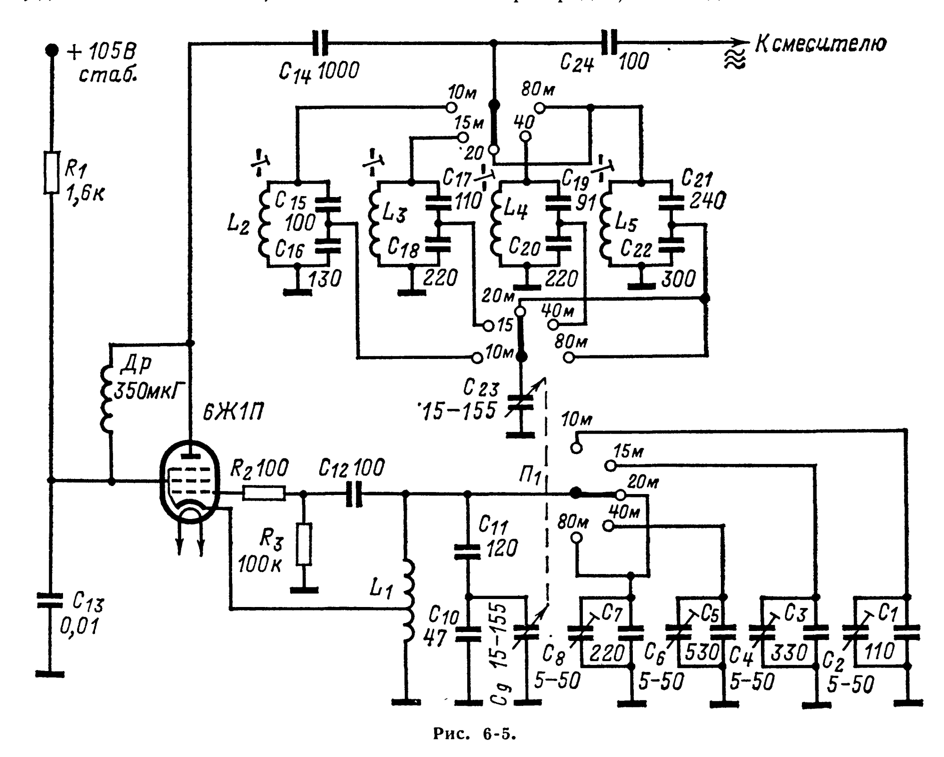


Рис. 6-5.

Конденсатор C_1 — типа КТ-2-М700, C_2 типа КСО-Г.

Конструирование задающих генераторов с параметрической стабилизацией. Особое внимание следует обращать на механическую жесткость конструкции. Монтаж желательно

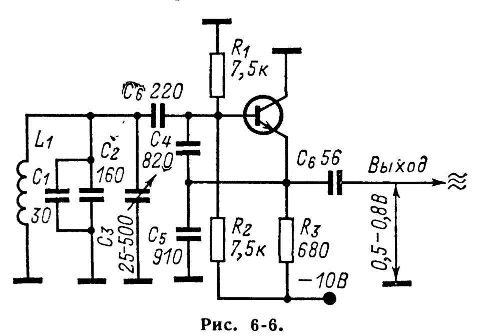


Рис. 6-6.

выполнять на фрезерованном или свинченном из толстых (4—5 мм) дюралевых пластин шасси. Детали колебательных контуров следует крепить жестко и располагать так, чтобы они не подвергались непосредственному нагреву лампами и другими деталями. Монтажные проводники, входящие в контур, должны

следующих каскадов. В катушках нельзя использовать альсифер, ферриты и другие ферромагнитные материалы, так как под воздействием случайных НЧ полей (от трансформатора питания, дросселя и т. д.) они меняют свои параметры, что может вызвать паразитную частотную модуляцию.

Детали контура. Катушки задающих генераторов, работающих на частотах 0,5—1 МГц, наматывают проводом ЛЭШО в один слой или методом «универсаль» на пластмассовые или керамические каркасы диаметром 9—12 мм и после намотки пропитывают полистиролом, растворенным в бензоле, или клеем БФ-2 и высушивают при температуре 80—100 °С.

Для генераторов частоты 3—15 МГц лучшими являются керамические катушки с обмоткой, выполненной методом вжигания серебра. Удовлетворительные результаты получаются при использовании керамических и пластмассовых каркасов с канавками. Обмотка укладывается в канавку так, чтобы витки не касались друг друга. Используется голый посеребренный медный провод или провод ПЭВ-2 диаметром 0,6—1,0 мм. При намотке следует туго натягивать провод, так чтобы он плотно прилегал к каркасу. По окончании намотки обмотку следует проклеить

полистироловым лаком или клеем БФ-2 и тщательно просушить при 80—100 °С.

В контуре задающего генератора необходимо применять конденсаторы с малым ТКЕ: переменные и подстроечные с воздушным диэлектриком, керамические конденсаторы постоянной емкости типа КТ-2, окрашенные в голубой или серый цвет (либо слюдяные группы Г).

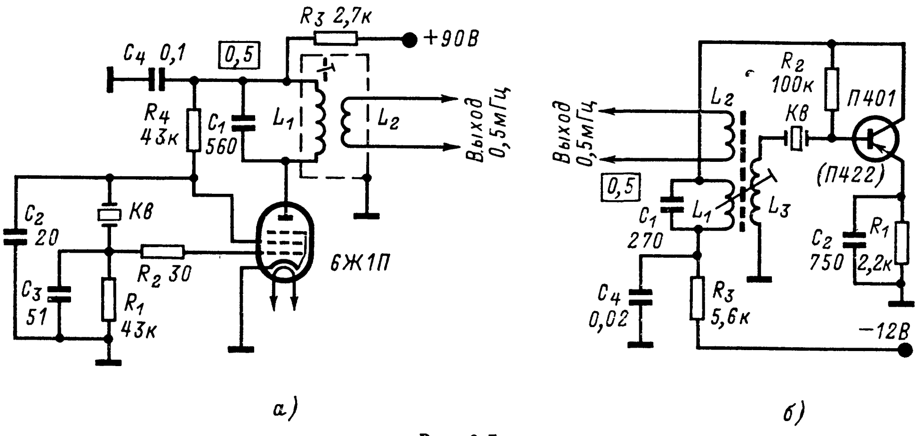


Рис. 6-7.

Питание задающего генератора. Питающие напряжения задающего генератора с параметрической стабилизацией должны быть стабилизированы; нужно использовать минимально возможные анодные и экранные напряжения, обеспечивающие надежность генерации и необходимые выходные напряжения.

Для стабилизации напряжений на аноде и на экранирующей сетке могут быть использованы газоразрядные или кремниевые стабилитроны с $U_{ст} = 70 \div 105$ В. При использовании транзисторов стабилизированное напряжение может быть получено при применении кремниевых стабилитронов.

Задающие генераторы с кварцевой стабилизацией вырабатывают ВЧ колебания, соответствующие основной частоте примененного кварцевого резонатора или его гармоник со стабильностью, вполне достаточной для обеспечения любительских связей.

Важным преимуществом генераторов с кварцевой стабилизацией является следующее: в то время как при параметрической стабилизации конструкция генератора, выбор деталей и стабильность питающих напряжений имеют первостепенное значение, при стабилизации кварцем эти факторы практически не влияют на частоту колебаний, вырабатываемых генератором.

Генераторы опорной (несущей) частоты для телефонных передатчиков с фильтровым методом формирования однополосного сигнала по схемам на рис. 6-7 рассчитаны для работы на балансные модуляторы с диодами. Здесь применены кварцевые резонаторы на 0,5 МГц.

В схеме на рис. 6-7, *а* катушка L_1 состоит из 150 витков провода ЛЭШО 21 × 0,05, намотанных «внавал» на длине 15 мм каркаса диаметром 9 мм с сердечником СЦР-1. Катушка связи L_2 намотана проводом ПЭВ-1 0,3 вплотную к «холодному» концу катушки L_1 и содержит 15—20 витков.

В схеме на рис. 6-7, *б* катушки находятся в сердечнике СБ-12а и содержат: L_1 — 120 витков ПЭВ-2 0,1; L_2 — 7 витков ПЭЛШО 0,1; L_3 — 30 витков ПЭЛШО 0,1.

Схема по рис. 6-8 может надежно работать с кварцевыми резонаторами на частоты 3,5—25 МГц. Ее анодный контур L_1C_1 настраивается на основную частоту кварца либо на его вторую или третью гармонику. Этот контур должен иметь эквивалентное сопротивление 2—30 кОм (бо́льшие значения соответствуют работе на гармониках).

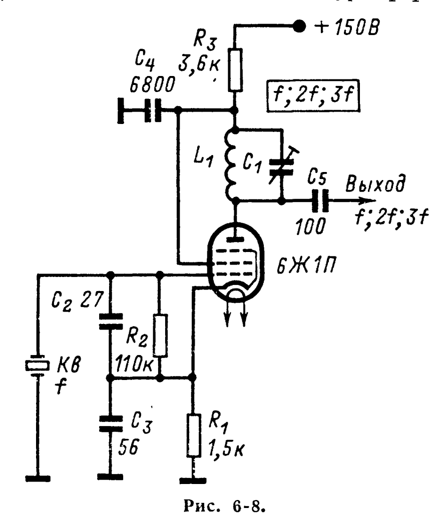


Рис. 6-8.

Умножители частоты

Для умножения частоты применяют ламповый или транзисторный каскад (рис. 6-9), работающий на нелинейном участке харак-

теристики; нагрузкой каскада служит контур L_1C_1, настроенный на нужную гармонику.

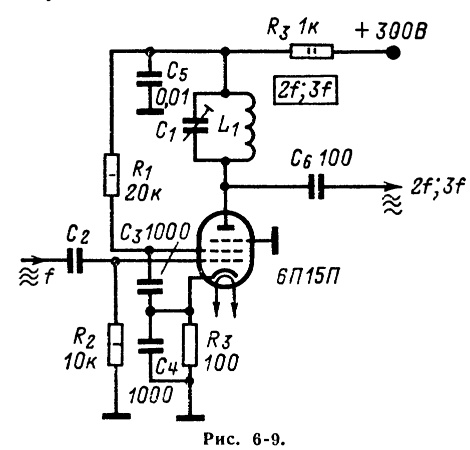


Рис. 6-9.

Обычно используют удвоители и утроители частоты. Умножение частоты в большее число раз нецелесообразно вследствие малого к. п. д. каскада. На вход удвоителя частоты должно быть подано напряжение ВЧ не менее 15—20 В. При эквивалентном сопротивлении контура, настроенного на вторую гармонику, равном 5—8 кОм, на выходе каскада будет напряжение 100—120 В. При работе каскада в режиме утроения на его вход должно быть подано напряжение ВЧ не менее 25—30 В; при эквивалентном сопротивлении анодного контура, настроенного на третью гармонику частоты входного сигнала, 10—15 кОм получим выходное напряжение 70—100 В.

Преобразователи частоты

Преобразователи частоты используют для получения рабочих частот в передатчиках, работающих на одной боковой полосе. Такой преобразователь должен обеспечивать линейную зависимость амплитуды выходного сигнала от амплитуды входного однополосного сигнала.

Преобразователь частоты состоит из смесителя, генератора вспомогательной частоты и фильтра. В качестве генераторов фиксированной частоты используют генераторы с

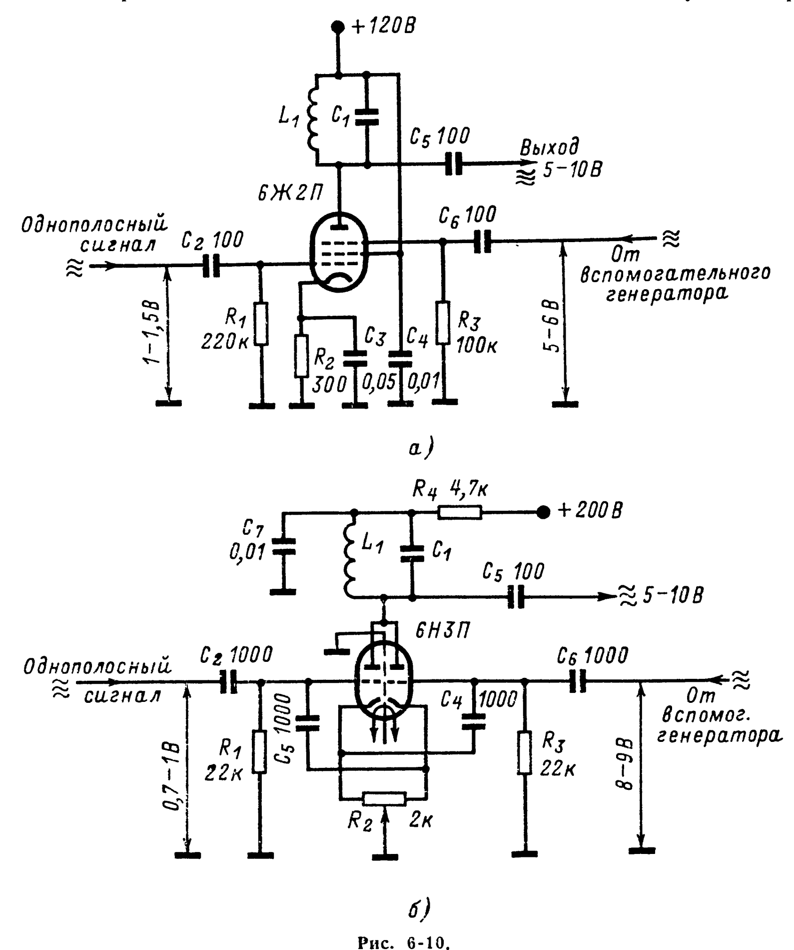


Рис. 6-10.

кварцевой или параметрической стабилизацией частоты.

Смеситель на пентоде (рис. 6-10, *а*) обладает высокой линейностью амплитудной характеристики и большим входным сопротивлением. Подавление сигнала с частотой вспомогательного генератора и входного сигнала в преобразователе частоты обеспечивается фильтром, включенным на выходе смесителя.

Контур L_1C_1 в анодной цепи смесителя настраивается на выделяемую (разностную или суммарную) частоту; его эквивалентное сопротивление должно быть 5—10 кОм. При соотношении частот однополосного сигнала на входе смесителя и вспомогательного генератора около 1 : 10 (например: частота однополосного сигнала 0,5 МГц, частота вспомогательного генератора 4,75 МГц). Общее число контуров, настроенных на выделяемую частоту, должно быть не менее двух.

Смеситель на двойном триоде (рис. 6-10, *б*) по сравнению со смесителем на пентоде имеет амплитудную характеристику с большей нелинейностью (т. е. может быть использован при меньших амплитудах входного сигнала) и низкое входное сопротивление. Достоинством смесителя на двойном триоде — дополнительное подавление на выходе сигналов с частотами вспомогательного генератора и входного сигнала (R_3 равно 2,2 к).

Контур L_1C_1 в общей цепи анодов двойного триода настраивается на выделяемую частоту; эквивалентное сопротивление этого контура должно быть 5—10 кОм. Подбирая положение движка потенциометра в цепи катодов двойного триода, можно добиться подавления токов с частотами входного однополосного сигнала и вспомогательного генератора, протекающих через общую цепь анодов, не менее чем на 20 дБ. Поэтому при соотношении частот однополосного сигнала и вспомогательного генератора около 1 : 10 достаточно иметь один контур, настроенный на выделяемую частоту. Входное сопротивление смесителя как для однополосного сигнала, так и для сигнала вспомогательного генератора — около 300 Ом.

Телеграфная манипуляция

Для передачи телеграфных сигналов необходимо осуществлять манипуляцию, т. е. управлять излучением передатчика с помощью телеграфного ключа.

Ширина полосы частот, необходимая при максимальных скоростях передачи текста азбукой Морзе, используемых любителями (150—200 знаков в минуту), измеряется десятками герц. Однако если излучаемые колебания при манипуляции резко нарастают и спадают (рис. 6-11, *а*), то занимаемая телеграфным передатчиком полоса частот может составлять десятки и даже сотни килогерц. При этом вокруг рабочей частоты передатчика принимаются «щелчки»; передатчик даже мощностью 10 Вт может создать помехи во всей полосе частот любительского диапазона, в котором он работает. Только при плавном нарастании и спаде телеграфной посылки (рис. 6-11, *б*) передатчик занимает узкую полосу частот.

Обязательным условием получения узкой полосы и хорошего тона при приеме является полное отсутствие частотной модуляции колебаний. Поэтому манипуляцию целесообразно осуществлять в выходном или промежуточном каскаде передатчика. В схеме на

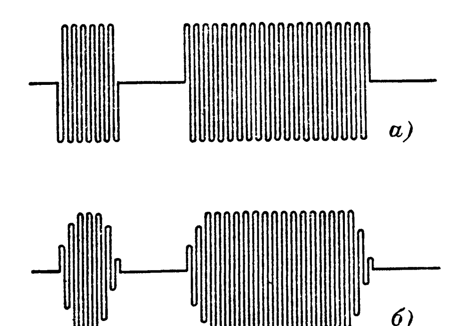


Рис. 6-11.

рис. 6-12 манипуляция осуществляется в выходном и предоконечном каскадах. При нажатом ключе на управляющих сетках ламп этих каскадов устанавливаются рабочие значения напряжений смещения. При отжатом ключе обе лампы заперты и передатчик не излучает. Нарастание и спад напряжений смещения на управляющих сетках ламп происходят плавно благодаря наличию в цепях смещения

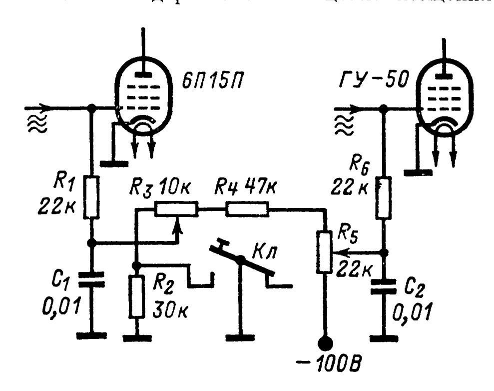


Рис. 6-12.

конденсаторов C_1 и C_2, которые обеспечивают плавное нарастание и спад телеграфной посылки, излучаемой передатчиком.

На рис. 6-13 приведена схема манипуляции, которую целесообразно использовать для телеграфной работы однополосного передатчика. Звуковой генератор на транзисторе при нажатом ключе генерирует синусоидальное напряжение частоты 1 000 Гц, которое через интегрирующую цепь R_8C_6, подавляющую гармоники, подается на микрофонный усилитель передатчика. При нажатии на ключ излучается посылка, сдвинутая на 1 000 Гц от несущей частоты передатчика.

Плавное нарастание и спад телеграфной посылки обеспечиваются цепочкой C_1R_2. При нажатии на ключ колебания плавно нарастают вследствие постепенного разряда конденсатора C_1 через резистор R_2, а при отжатии ключа колебания плавно спадают за счет постепенного заряда конденсатора C_1 через транзистор. При желании прослушивать рабочую частоту в паузах между телеграфными посылками целесообразно строить передатчик по структурной схеме на рис. 6-3, *а* или *б*, осуществляя манипуляцию в одном из смесителей.

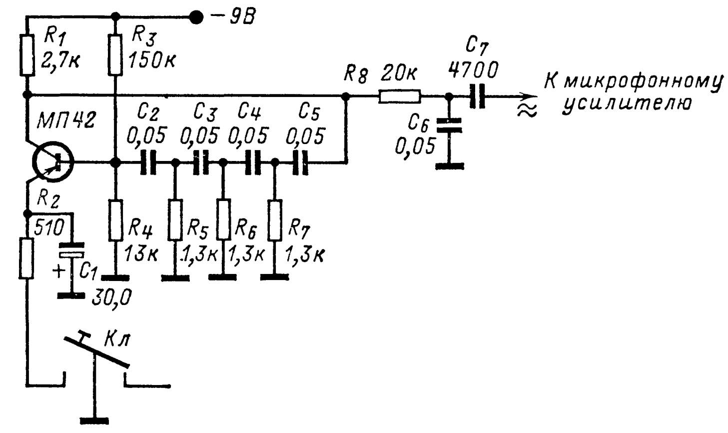


Рис. 6-13.

Амплитудная модуляция

Амплитудная модуляция используется в передатчиках начинающими радиолюбителями благодаря своей простоте.

Как правило, амплитудная модуляция осуществляется в выходном каскаде передатчика. Схема модуляции на управляющую сетку лампы этого каскада (рис. 6-14, *а*) работает от динамического микрофона, дающего напряжение порядка 18 мВ (например, МД64). Для осуществления модуляции на защитную сетку лампы (рис. 6-14, *б*) необходим УНЧ, дающий на выходе сигнал с амплитудой до 200—240 В.

При анодной модуляции (рис. 6-15) от УНЧ должен поступать сигнал с амплитудой до 250—270 В при мощности до 3—4 Вт.

При сеточной модуляции (рис. 6-14) выходная мощность составляет около 25—30% телеграфной, а при анодно-экранной (рис. 6-15) — 60—90%.

Полоса частот, занимаемая передатчиком при всех видах АМ, равна удвоенному спектру модулирующих частот, поэтому усилитель НЧ для модулятора должен иметь ограниченный спектр усиливаемых частот (достаточно 300—3 000 Гц).

Трансформатор $Тр_1$ в схеме на рис. 6-14, *б* имеет сердечник Ш16 × 32; обмотки *I* и *II* по 1 600 витков ПЭВ-1 0,18.

Трансформаторы в схеме на рис. 6-15 имеют следующие данные: $Тр_1$ — сердечник Ш20 × 30; обмотка *I* — 1 800 витков ПЭВ-1 0,2; обмотка *II* — 600 + 600 витков ПЭВ-1 0,2. $Тр_2$ — сердечник Ш32 × 55 с зазором 0,8—1 мм; первичная обмотка *I* — 2 700 + + 2 700 витков ПЭВ-2 0,31; обмотка *II* — 3 600 витков ПЭВ-2 0,31. При намотке этого трансформатора следует обратить особое внимание на качество изоляции между обмотками и между обмотками и сердечником, так как напряжение на обмотках превышает 1 кВ.

Катушка L_2 и резистор R_2 служат для подавления паразитных колебаний на СВЧ.

Все детали анодной цепи лампы ГК-71 должны выдерживать удвоенное значение анодного напряжения (2,4 кВ).

Частотная модуляция

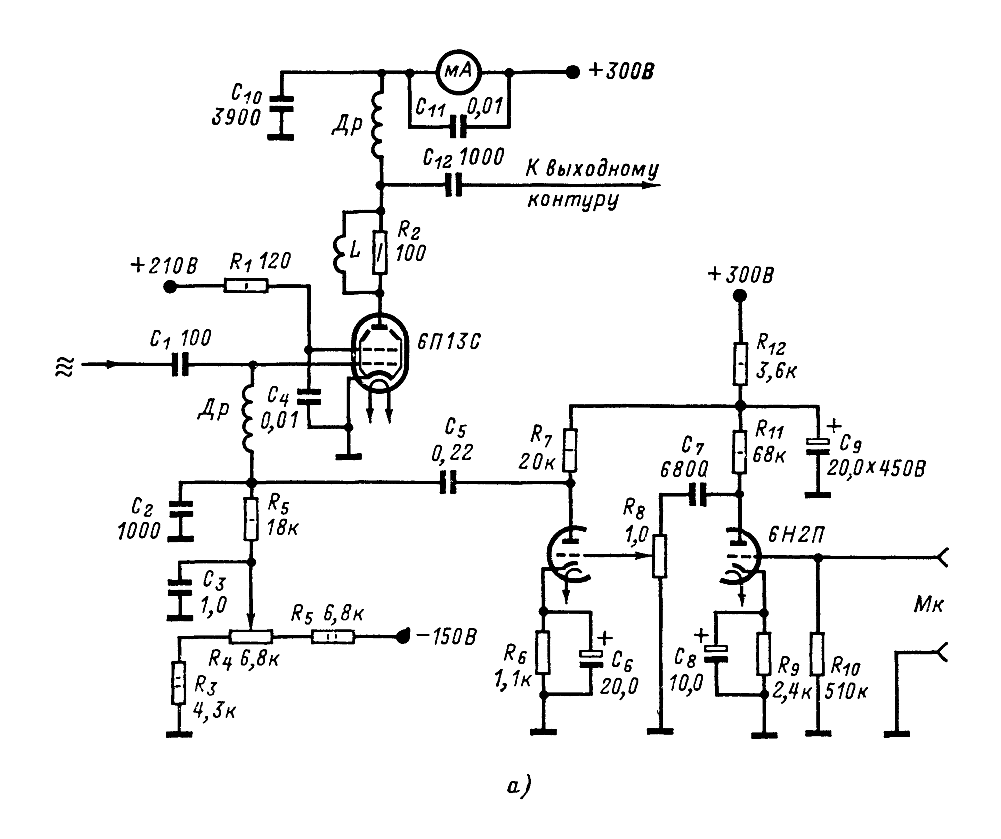
Устройство по схеме на рис. 6-16 позволяет получить ЧМ сигнал в диапазоне 144—146 МГц. Частотная модуляция осуществляется за счет изменения емкости кремниевого стабилитрона Д810, включенного параллельно части контура $L_1C_1C_2$, настроенного на частоту 6 МГц. После умножения частоты на диапазоне 144 МГц девиация частоты составит около 12 кГц.

Катушка L_1 намотана на керамическом каркасе диаметром 20 мм посеребренным проводом диаметром 0,8 мм; длина намотки 11 мм, число витков 7, отвод от 2-го витка.

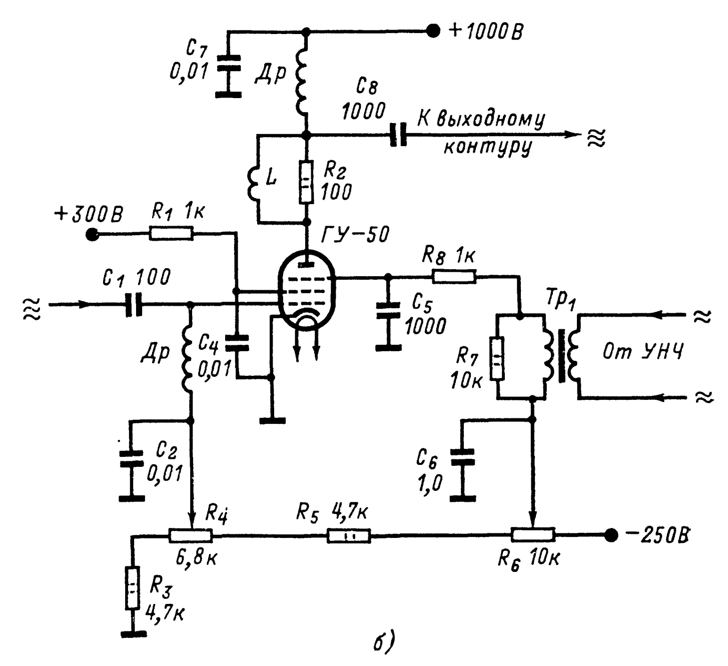
Катушка L_2 намотана виток к витку на пластмассовом каркасе диаметром 9 мм; 12 витков ПЭШО 0,44. Анодный контур генератора L_2C_6 настраивается на вторую гармонику (12 МГц) сердечником СЦР-1 контурной катушки.

Формирование однополосного сигнала

При формировании однополосного сигнала из спектра АМ сигнала, состоящего из нижней боковой полосы несущей частоты и верхней боковой полосы (рис. 6-17, *а*), выделяют одну верхнюю (рис. 6-17, *б*) либо нижнюю боковую полосу.



+300В
мА
C10 3900
C11 0,01
Др
C12 1000
К выходному контуру
L
R2 100
+210В
R1 120
6П13С
C1 100
Др
C4 0,01
C5 0,22
C2 1000
R5 18к
C3 1,0
R5 6,8к
-150В
R4 6,8к
R3 4,3к
+300В
R12 3,6к
R7 20к
C7 6800
R11 68к
C9 20,0×450В
R8 1,0
6Н2П
R6 1,1к
C6 20,0
C8 10,0
R9 2,4к
R10 510к
Мк
а)



+1000В
C7 0,01
Др
C8 1000
К выходному контуру
L
R2 100
ГУ-50
+300В
R1 1к
C1 100
R8 1к
C5 1000
Тр1
Др
C4 0,01
R7 10к
От УНЧ
C2 0,01
C6 1,0
R4 6,8к
R5 4,7к
R6 10к
-250В
R3 4,7к
б)

Рис. 6-14.

Фильтровый метод формирования однополосного сигнала. Несущая частота подавляется в балансном модуляторе, а верхняя боковая полоса частот выделяется с помощью фильтра, обеспечивающего неискаженную передачу всего спектра используемой боковой полосы и достаточное подавление нижней боковой полосы. Однополосный сигнал формируется на частоте, определяемой параметрами фильтра.

В схеме на рис. 6-18, *а* балансный модулятор на двойном триоде 6Н3П работает при сравнительно высоких уровнях сигнала НЧ (2—2,5 В) и напряжения от генератора ВЧ (20—25 В). На выходе балансного модулятора включен электромеханический фильтр ЭМФ 500 9Д-3 В (рабочая частота 500 кГц, полоса пропускания 3 кГц, выделяет верхнюю боковую полосу). Получаемый на выходе устройства однополосный сигнал с амплитудой 1 В достаточен для подачи на вход преобразователя частоты без применения дополнительного усилителя.

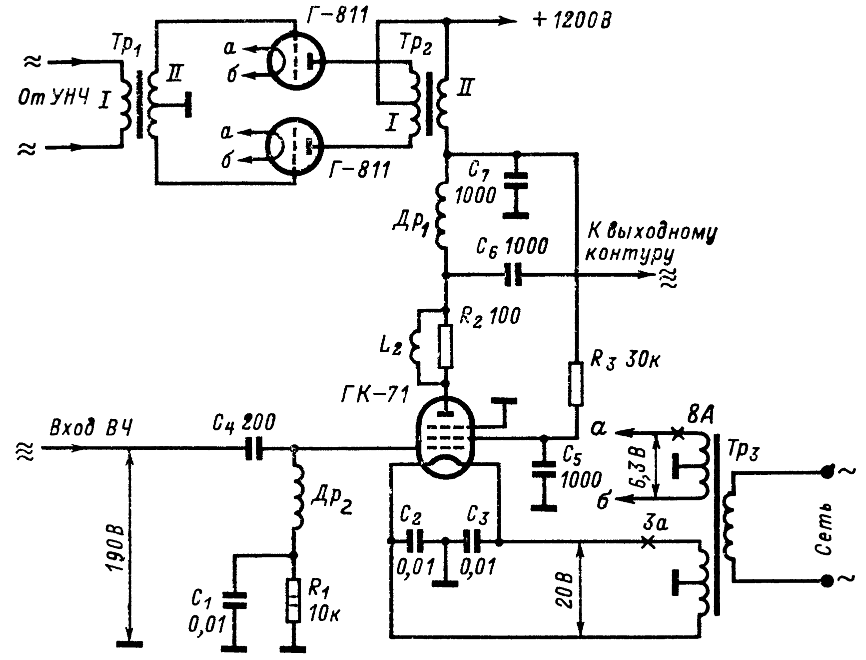


Рис. 6-15.

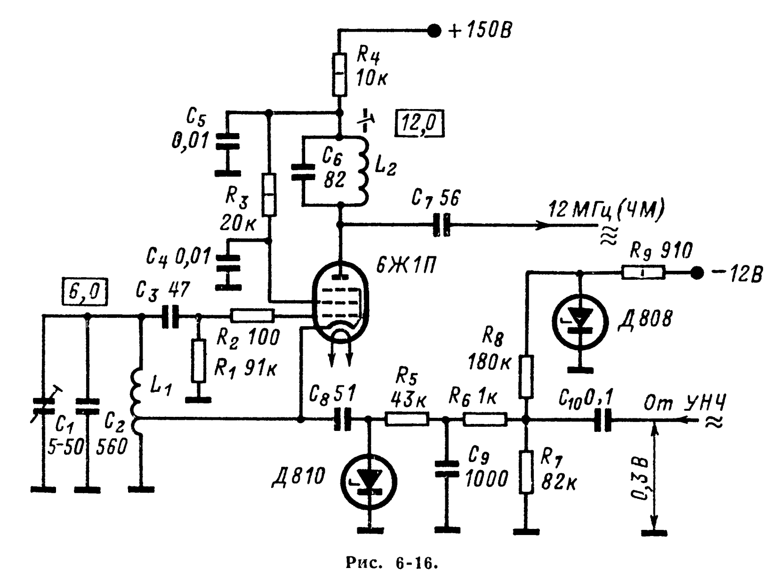


Рис. 6-16.

Трансформатор $Тр_1$: сердечник Ш12 × × 20 без зазора; обмотка *I* — 1 500 витков ПЭВ-1 0,1; обмотка *II* — 750 + 750 витков ПЭВ-1 0,1.

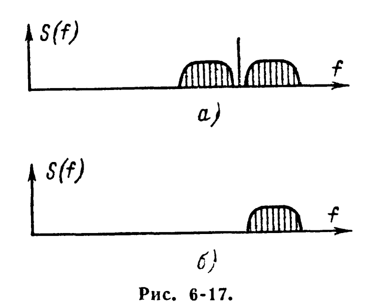


Рис. 6-17.

Устройство формирования однополосного сигнала по фильтровому методу, показанное на рис. 6-18, *б*, рассчитано на работу с малыми уровнями сигналов (например, для работы с транзисторными УНЧ и генератором несущей частоты). Для использования этой схемы в передатчике с ламповым преобразователем частоты между ее выходом и входом преобразователя частоты необходимо включить УПЧ на 0,5 МГц с коэффициентом усиления 10—15. L_1 является катушкой связи с генератором напряжения несущей частоты (например, L_2 в генераторе по схеме на рис. 6-7, *б*).

Чтобы получить сигнал нижней боковой полосы, несущая частота должна быть 503 кГц или при сохранении этой частоты, равной 500 кГц, должен быть применен электромеханический фильтр ЭМФ 500-9Д-3Н, выделяющий нижнюю боковую полосу.

Используя фильтровый метод формирования однополосного сигнала, можно обеспечить подавление несущей частоты на 50—60 дБ и второй боковой полосы на 40—50 дБ. Схему формирования легко настроить.

Недостатки фильтрового способа формирования сигнала: 1) жесткая привязка частоты, на которой формируется сигнал, к характеристике фильтра; 2) при применении электромеханического фильтра на частоту 0,5 МГц необходимо иметь в передатчике два преобразования частоты (см. рис. 6-3, *а* и *б*).

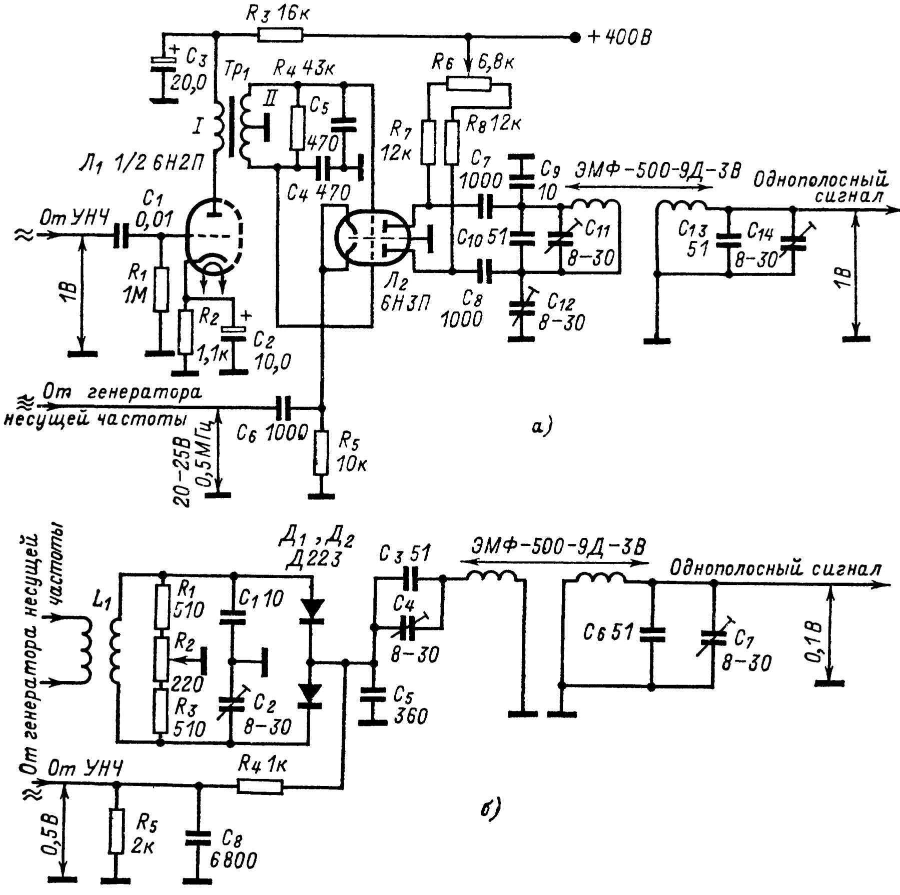


Рис. 6-18.

Фазовый метод формирования однополосного сигнала. Формирование однополосного

сигнала осуществляется двумя балансными модуляторами, обеспечивающими определенные соотношения фаз между составляющими сигнала в боковых полосах. При этом выделяется одна боковая полоса при достаточном подавлении несущей частоты и второй боковой полосы. Этот метод дает возможность получить однополосный сигнал на частотах до 10 МГц, применяя в передатчике одно преобразование частоты (рис. 6-3, *в*).

Модулирующий НЧ сигнал поступает через фазоинвертор на широкополосный фазовращатель, образованный конденсаторами C_4—C_7 и резисторами R_5—R_8 (рис. 6-19). Сдвинутые по фазе на 180° два напряжения НЧ с фазоинвертора поступают на сетки двойного триода $Л_2$.

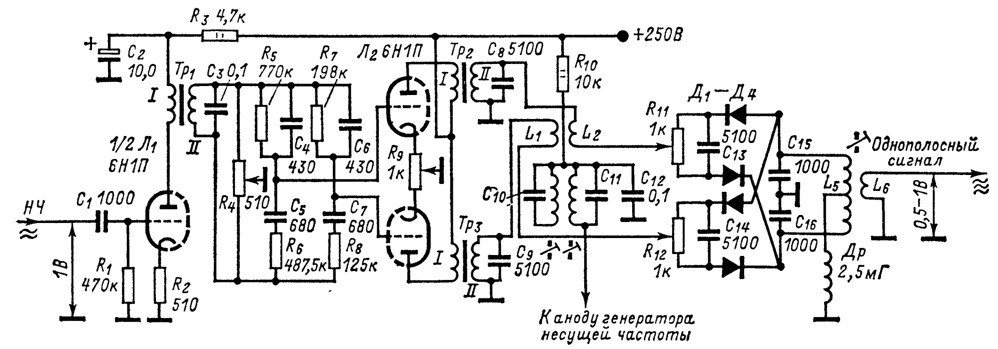


Рис. 6-19.

Фазовращатель должен быть выполнен очень тщательно. Только при подгонке указанных на схеме емкостей его конденсаторов и сопротивлений резисторов с точностью не хуже ±0,5% обеспечивается подавление второй боковой полосы частот на выходе схемы не хуже 30 дБ.

Данные трансформаторов Tp_1, Tp_2 и Tp_3: сердечники Ш16 × 20 без зазора; обмотки *I* по 2 400 витков ПЭВ-1 0,1, обмотки *II* по 400 витков ПЭВ-1 0,25.

Колебательный контур L_4C_{11} является анодной нагрузкой генератора несущей частоты, который может быть выполнен, например, по схеме на рис. 6-8 с кварцевым резонатором на частоту 9, 4,5 или 3 МГц.

Катушки L_3 и L_4 намотаны виток к витку на каркасах диаметром 10 мм с сердечниками-подстроечниками типа СЦР-1. Они содержат по 25 витков ПЭВ-1 0,91. Катушки связи L_1 и L_2 намотаны поверх обмоток соответственно катушек L_3 и L_4 у их «холодных» концов и содержат по четыре витка ПЭШО 0,33. Каркасы с катушками L_1 — L_4 устанавливают параллельно; расстояние между их осями около 40 мм. Это расстояние при настройке схемы подбирается для обеспечения сдвига фазы ВЧ сигналов в катушках L_1 и L_2 в 90° и равенства амплитуд напряжений в этих катушках.

Катушка L_5: каркас диаметром 10 мм с подстроечником СЦР-4; 4 + 4 витка ПЭВ-1 0,91, намотка с принудительным шагом, длина намотки 20 мм. Катушка связи L_6: 6 витков ПЭШО 0,33, наматывается точно в центре катушки L_5.

При настройке схемы, показанной на рис. 6-19, необходимо: 1) сбалансировать потенциометрами R_{11} и R_{12} балансные модуляторы до достижения подавления несущей частоты на выходе до величины, не превышающей 5 мВ; 2) регулируя потенциометры R_4 и R_9 и изменяя расстояние между катушками L_1L_3 и L_2L_4, добиться максимального подавления второй боковой полосы, используя для контроля приемник с полосой пропускания 1—3 кГц или осциллограф.

Для изменения выделяемой полосы достаточно переключить концы любой из обмоток трансформатора Tp_2 или Tp_1.

Недостатком фазового метода являются худшие, чем при фильтровом методе, параметры сформированного сигнала (подавление несущей до 40 дБ, подавление второй боковой частоты до 30 дБ) и критичность схемы к параметрам элементов фазовращателей и балансных модуляторов. Однако однополосный сигнал, полученный фазовым методом все же удовлетворителен для условий любительской связи.

Усилители мощности

Приступая к конструированию усилителя мощности по схеме на рис. 6-20, прежде всего нужно выбрать для него по табл. 6-1 тип лампы, исходя из требуемой выходной мощности $P_{вых}$ или подводимой к каскаду мощности.

Конденсатор связи с предыдущим каскадом C_1 подбирается в процессе настройки для получения требуемой амплитуды напряжения возбуждения; его емкость может быть 10—1 000 пФ.

Сопротивление резистора R_1 должно быть не более 1 кОм; его можно заменить ВЧ дросселем. Источником сеточного смещения при работе с сеточными токами должен служить выпрямитель, нагруженный на сопротивление не более 1 кОм. При напряжении смещения более 100 В выпрямитель смещения будет потреблять значительную мощность, поэтому сопротивление нагрузки источника смещения целесообразно заменить газоразрядным стабилизатором, максимально допус-

тимый ток через который $I_{ст. макс}$ должен быть больше сеточного тока лампы усилителя мощности. При отсутствии сеточного тока (возбуждения) через газоразрядный стабилитрон от источника смещения должен протекать ток, равный минимальному току стабилизации $I_{ст. мин}$. Данные дросселя *Др* для работы в любительских диапазонах 10, 14, 20, 40 и 80 м при напряжении питания анода не более 1 кВ и анодном токе до 300 мА: каркас из текстолита или керамики диаметром 8 мм, намотка в один слой, 200 витков ПЭВ-1 0,24, длина намотки 55 мм.

При добротности нагруженного выходного контура, равной 10, что обеспечивает его к. п. д. 90—95%, емкости контура должны иметь значения, приведенные в табл. 6-2.

При настройке усилителя мощности, работающего на реальную антенну, входное сопротивление которой не равно волновому сопротивлению питающего антенну кабеля (50 или 75 Ом), оптимальная связь с антенной может быть получена при несколько отличном от указанного в табл. 6-2 значения C_7. Поэтому максимальная емкость переменного конденсатора на выходе контура должна быть в 1,5—2 раза больше указанной в таблице. К емкости переменного конденсатора C_6 добавляется выходная емкость лампы. Поэтому при больших значениях этой емкости на 10- и 14-метровом диапазонах обычно не удается реализовать полученное расчетом значение C_6, что приводит к увеличению нагруженной добротности контура и, следовательно, снижению его к. п. д. Ухудшение к. п. д. при большей, чем указано в табл. 6-2, выходной емкости контура можно оценить следующим образом: к. п. д. при расчетном значении C_6

$$\eta = 1 - \frac{10}{Q},$$

где Q — добротность выходного контура без учета вносимого антенной затухания, т. е. измеренная Q-метром добротность катушки L.

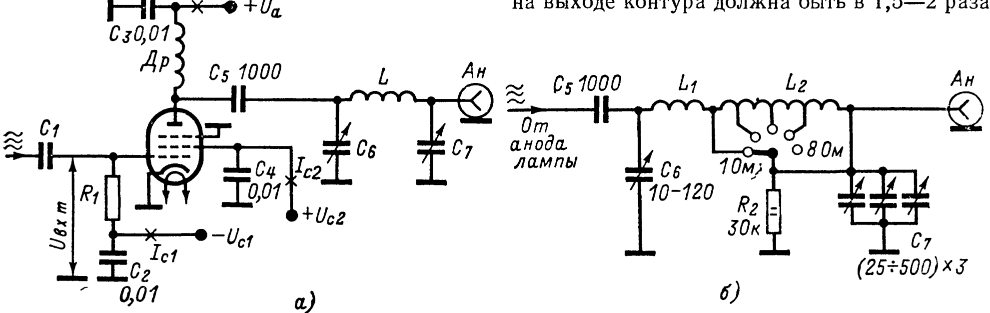


Рис. 6-20.

При более высоком напряжении питания анода можно использовать дроссель на 6-секционном текстолитовом или керамическом каркасе. Первая секция диаметром 12 мм, имеет длину 75 мм; вторая, четвертая и шестая секции диаметром 28 мм, длиной 12 мм; третья и пятая секции диаметром 12 мм, длиной 10 мм; намотка проводом ПЭВ-1 0,31. В первой секции 160 витков, во второй 5, в третьей 20, в четвертой 15, в пятой 20 и в шестой 20 витков. С анодом лампы соединяется вывод, расположенный на первой секции.

Эквивалентное сопротивление выходного контура, нагруженного антенной, R_{oe} должно быть равно эквивалентному сопротивлению нагрузки лампы, значения которых приведены в табл. 6-1. Величина R_{oe} определяет значение емкостей выходного контура.

Таблица 6-1

Режимы работы ламп в усилителях мощности (рис. 6-20)

Тип лампы	U_a, В	U_{c2}, В	U_{c1}, В	$U_{вх\,m}$, В	I_a, мА	I_{c2}, мА	I_{c1}, мА	P_{c1}, Вт	$P_{вых}$, Вт	R_{oe}, кОм
6Ж11П	150	150	—4	4	25	6	0	0	2	2,5
6П15П	300	200	—12	12	30	6,5	0	0	5	4
6П13С	400	150	—18	18	90	9	0	0	22	2,3
ГУ-29 *	500	200	—45	60	240	32	12	0,7	83	1,1
ГУ-50	1 000	300	—80	100	120	15	5	0,5	90	4,75
Г-807	750	250	—45	60	100	6	3,5	0,2	50	4,2
ГУ-13	2 000	350	—175	250	200	40	16	4	300	5
ГК-71	1 500	300	—180	275	250	40	18	5	240	2,7

* Параллельное включение тетродов.

Таблица 6-2

Значение емкостей выходного контура передатчика (рис. 6-20, а)

Сопротивление нагрузки каскада, Ом	Диапазон, м	Конденсаторы	Эквивалентное сопротивление контура R_{oe}, кОм						
			1	1,5	2	3	4	5	8
			Емкости контура, пФ						
50	10	$C_{в}$	50	38	28	18	14	11	8
		C_7	220	210	180	140	125	110	95
	15	$C_{в}$	65	57	38	24	19	15	10
		C_7	300	280	230	180	170	150	120
	20	$C_{в}$	100	75	56	35	28	22	15
		C_7	440	420	350	270	250	220	180
	40	$C_{в}$	200	150	110	70	55	45	30
		C_7	900	840	700	550	500	450	350
	80	$C_{в}$	400	300	220	140	110	90	60
		C_7	1 800	1 700	1 400	1 100	1 000	900	700
75	10	$C_{в}$	45	31	23	17	13	10	7
		C_7	160	140	120	105	95	82	70
	15	$C_{в}$	60	42	31	22	17	14	9
		C_7	210	190	160	140	125	115	90
	20	$C_{в}$	90	62	45	33	26	20	14
		C_7	320	280	240	210	190	165	140
	40	$C_{в}$	180	125	90	65	52	40	28
		C_7	650	550	500	420	380	330	280
	80	$C_{в}$	360	250	180	130	105	80	55
		C_7	1 300	1 100	1 000	850	760	660	550

При реальном значении входной емкости контура к. п. д.

$$\eta_{р} = 1 - \frac{10C_{вр}}{QC_{в}},$$

где $C_{вр}$ — реальное значение емкости на входе контура; $C_{в}$ — входная емкость из табл. 6-2.

При $Q \geqslant 200$ на 10- и 14-метровых диапазонах допустимо увеличение $C_{в}$ по сравнению с табличным значением в 2—2,5 раза.

Индуктивность L должна обеспечивать настройку выходного контура на рабочую частоту при емкости

$$C = \frac{C_{вр}C_7}{C_{вр}+C_7}.$$

Выходной контур с настройкой на все любительские КВ диапазоны (рис. 6-20, *б*). Переход с одного диапазона на другой осуществляется переключателем *П*, замыкающим различное число витков катушки L_2.

Ниже приводятся данные контура, рассчитанного на работу с лампой в выходном каскаде, имеющей R_{oe} 4 кОм, выходную емкость до 10 пФ и $U_а = 1{,}5 \div 2$ кв. Конденсатор $C_{в}$ должен иметь воздушный зазор между пластинами не менее 2 мм. В качестве конденсатора C_7 используется типовой блок из трех конденсаторов переменной емкости для радиовещательного приемника (емкость каждой секции 25—500 пФ, зазор между пластинами 0,4 мм); все три секции блока соединяются впараллель.

Катушка L_1 бескаркасная, содержит 5 витков провода ПЭВ-1 2,2 мм, диаметр витков 50 мм, общая длина катушки 40 мм.

Катушка L_2 намотана на керамическом каркасе диаметром 62 мм проводом ПЭВ-1 1,6 с принудительным шагом 3,5 мм; общее число витков 22; отводы от 3, 7, 12-го витков, считая от конца катушки, соединенного с L_1.

Резистор R_2 исключает возможность поражения током при случайном прикосновении к антенне за счет заряда конденсатора C_5 до напряжения питания анодной цепи.

Паразитная генерация. Основной трудностью, которая встречается при налаживании усилителя мощности, является устранение паразитной генерации. В каскаде усилителя мощности может возникнуть три рода паразитных колебаний: 1) на частотах, очень низких по сравнению с рабочей частотой; 2) на рабочей частоте и 3) на частотах значительно более высоких, чем рабочая (самовозбуждение на УКВ).

Паразитные колебания первого вида могут возникнуть при совпадении резонансных частот контуров, индуктивностями которых являются дроссели в цепях сетки и анода лампы. Эти колебания легко устранить заменой одного из дросселей.

Нейтрализация проходной емкости лампы. Колебания на рабочей частоте возникают из-за наличия паразитных связей между контурами в сеточной и анодной цепях лампы каскада. При хорошем экранировании этих контуров и отсутствии общих участков протекания контурных токов по шасси причиной генерации является проходная емкость лампы

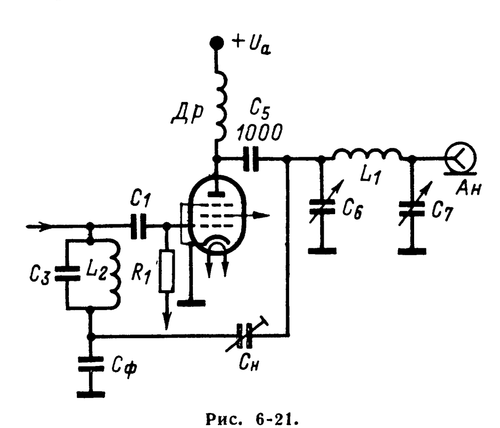


Рис. 6-21.

$C_{а.\,с}$. Тогда в усилитель необходимо вводить цепи нейтрализации этой емкости. Удобная схема нейтрализации приведена на рис. 6-21; здесь L_2C_3 — анодный контур предыдущего каскада. Условие нейтрализации:

$$\frac{C_н}{C_ф}=\frac{C_{а.с}}{C_{с.к}},$$

где $C_{с.\,к}$ — входная емкость лампы усилителя мощности.

Обычно емкость конденсатора $C_ф = 100 \div 1\,000$ пФ; она должна быть такой, чтобы требуемая величина $C_н$ была в пределах 2—10 пФ (меньшие величины $C_н$ трудно реализовать, а бóльшие заметно увеличивают начальную емкость анодного контура).

Подавление самовозбуждения на частотах УКВ диапазона. Причиной возникновения самовозбуждения каскада на УКВ являются контуры, образуемые индуктивностями соединительных проводов и паразитными емкостями лампы.

Для предотвращения самовозбуждения на УКВ в каскад вводят резисторы R, шунтированные катушками L (рис. 6-22). Резисторы вносят в контуры, образованные соединительными проводниками и паразитными емкостями лампы, настолько большие затухания, что самовозбуждение каскада становится невозможным. Катушки L «отключают» резисторы на рабочих частотах усилителя.

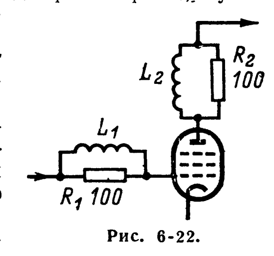


Рис. 6-22.

Эти катушки выполняют в виде двух—четырех витков провода диаметром 0,8—1,2 мм, намотанных на резисторах типа МЛТ-2. В большинстве случаев достаточно включить антипаразитный резистор только в анодную или только в сеточную цепь. В каскаде малой мощности достаточно включить антипаразитный резистор сопротивлением 10—30 Ом только в цепь сетки, не шунтируя его катушкой.

Линейные усилители мощности

При усилении однополосного сигнала необходимо сохранить линейную зависимость между входным и выходным сигналом, т. е. иметь усилитель мощности с линейной амплитудной характеристикой. Получение такой характеристики зависит от типа лампы, правильного выбора ее режима, стабильности питающих напряжений, выбора схемы. Режимы работы отечественных ламп, наиболее пригодных для использования в линейных усилителях, приведены в табл. 6-3 и 6-4.

Таблица 6-3

Режимы работы ламп в линейных усилительных каскадах по схеме с заземленным катодом * (рис. 6-20, 6-24)

Тип лампы	$U_а$, В	$U_{с2}$, В	$U_{с1}$, В	$U_{вх\,m}$, В	$I_{а0}$, мА	$I_а$, мА	$I_{с2}$, мА	$I_{с1}$, мА	$P_{с1}$, Вт	$P_{вых}$, Вт	R_{oe}, кОм
6Ж11П	150	150	−2,0	2	15	30	6	0	0	1,8	2
6П15П	300	150	−2,5	2,5	30	30	7	0	0	2,2	5
ГУ-42 **	600	250	−30	30	50	120	14	0	0	45	2,5
ГУ-29 **	500	200	−16	25	40	200	22	8	0,4	60	1
6П20С	500	200	−45	45	30	250	30	0	0	70	1
ГУ-50	1 000	300	−50	50	30	120	15	0	0	75	5
ГУ-64	1 200	400	−50	50	80	300	50	0	0	230	2,2
ГУ-13	2 500	750	−95	118	18	180	28	5	0,2	325	8

* Величины напряжения питания указаны относительно катодов ламп; $I_{а0}$ — ток в отсутствие возбуждения; $I_а$ — ток при выходной мощности $P_{вых}$.

** Тетроды включены параллельно.

Таблица 6-4

Режимы работы ламп в линейных усилительных каскадах по схеме с заземленной сеткой (рис. 6-25)

Тип лампы	$U_а$, В	$I_{а0}$, мА	$I_а$, мА	$P_{вх}$, Вт	$U_{вхm}$, В	$P_{вых}$, Вт	R_{oe}, кОм
ГУ-50	1 200	15	125	9	60	95	6
Г-811	1 500	23	155	14	85	170	6
ГК-71	2 000	20	240	40	140	300	5,5
ГУ-13	2 500	30	200	30	140	340	8

Линейный каскад малой мощности по схеме с заземленным катодом для предварительного усиления может быть выполнен по

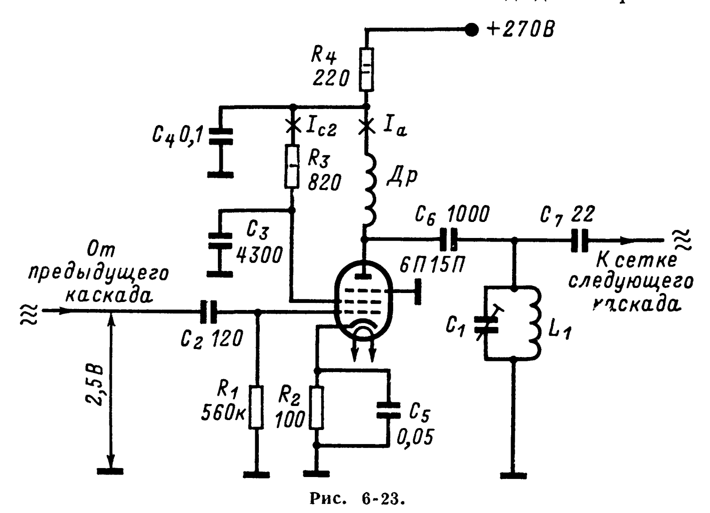


Рис. 6-23.

схеме на рис. 6-23. Параметры его анодного контура C_1L_1 зависят от рабочего диапазона частот каскада; эквивалентное сопротивление контура должно быть 5 кОм с учетом шунтирующего действия цепи сетки следующего каскада.

Средние значения токов анода и экранирующей сетки при работе усилителя остаются постоянными, и это позволяет использовать автоматическое смещение от резистора R_2 в цепи катода и не стабилизировать напряжение на экранирующей сетке без ущерба для качества сигнала.

Линейный выходной каскад по схеме с заземленным катодом может быть выполнен по схеме на рис. 6-20 при использовании смещения на управляющую сетку от отдельного источника. Практическая схема выходного каскада средней мощности на лампе ГУ-42 с применением автоматического смещения приведена на рис. 6-24. Напряжения, подаваемые на экранирующие сетки ламп, должны быть стабилизированы или подаваться от выпрямителей с малым внутренним сопротивлением.

Стабилизация смещения на управляющих сетках осуществляется стабилитроном в цепи катодов.

Выходной линейный усилительный каскад по схеме с заземленной сеткой. Типовая схема такого каскада дана на рис. 6-25. При использовании лампы ГК-71 его входное сопротивление около 200 Ом.

Данные дросселя в цепи накала при лампе ГК-71: на сердечник из феррита 600НН диамет-

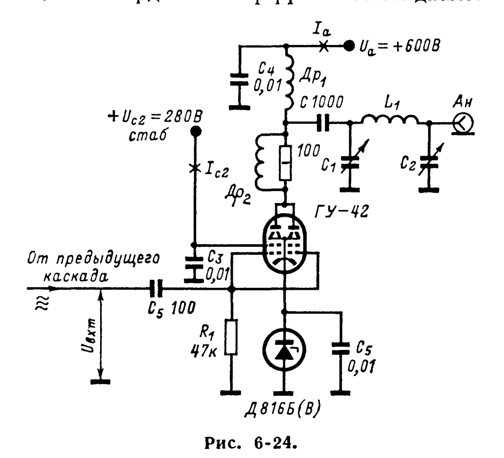


Рис. 6-24.

ром 8—10 и длиной 120—130 мм намотано три—четыре слоя лакоткани; обмотки намотаны одновременно сложенным вдвое про-

водом ПЭВ-2 1,45—1,6 и занимают всю длину стержня. С учетом падения напряжения

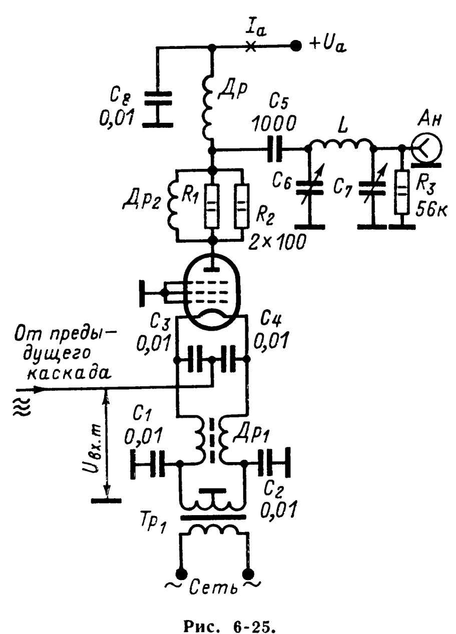


Рис. 6-25.

на дросселе обмотка накала трансформатора питания лампы ГК-71 должна давать напряжение 21 В.

Особенности электропитания передатчиков

Устройства питания задающих генераторов, умножителей, смесителей и каскадов предварительного усиления не отличаются от устройств питания приемников, усилителей низкой частоты и т. д. Вместе с тем выпрямители, питающие предоконечные и выходные каскады передатчиков второй и первой категорий, имеют некоторые особенности. В зависимости от мощности передатчика и типа ламп, используемых в выходном каскаде, питающий их выпрямитель должен давать напряжение 500—2 500 В при токе до 0,3 А.

Выпрямитель на напряжение более 600—700 В целесообразно выполнить по схеме с удвоением напряжения (см. рис. 7-6). Применяя выпрямитель по схеме на рис. 7-5, полным выпрямленным напряжением можно питать выходной каскад передатчика, а вдвое меньшее напряжение использовать для питания предоконечного каскада.

Выпрямитель и передатчик должны монтироваться в закрытых кожухах, исключающих возможность прикосновения к проводам и деталям, находящимся под высоким напряжением.

Конденсаторы фильтров высоковольтных выпрямителей должны быть зашунтированы сопротивлениями, обеспечивающими их разряд в течение 2—5 с после выключения передатчика.

В цепях первичных обмоток трансформаторов питания должны стоять плавкие предохранители или перегрузочные автоматы, быстро отключающие выпрямитель от сети при перегрузке.

6-3. ПРИЕМНИКИ ДЛЯ РАДИОЛЮБИТЕЛЬСКОЙ СВЯЗИ

Основные параметры приемников

Сигналы дальних любительских радиостанций обычно очень слабы, а разница в их частотах может быть очень малой. Поэтому радиоприемники для любительских связей должны иметь значительно лучшие чувствительность и избирательность по сравнению с приемниками для приема радиовещательных программ. Практически приемники сигналов любительских КВ станций должны иметь чувствительность до 0,5—1 мкВ, а УКВ приемники для проведения дальних связей телеграфом 0,1—0,5 мкВ. Избирательность таких приемников по зеркальному каналу должна быть не хуже 60—80 дБ, что можно обеспечить применением в приемниках двойного преобразования частоты.

Для приема телеграфных немодулированных сигналов в составе приемника (или в виде приставки) необходимо иметь дополнительный гетеродин, генерирующий колебания с частотой, близкой к промежуточной. Колебания эти подаются на детектор, и на его выходе можно получить биения со звуковой частотой.

Ширина полосы пропускания приемника телеграфных сигналов может быть 100 Гц, однако, учитывая низкую стабильность частоты некоторых любительских станций, а также прием радиотелефонных сигналов, необходимо иметь возможность расширять полосу пропускания до 1—3 кГц.

Сужение полосы пропускания достигается применением ФСС, электромеханических или кварцевых фильтров.

Достаточно сильные сигналы любительских станций, работающих в 40-метровом диапазоне, удается принимать на имеющие такой диапазон радиовещательные приемники. Для приема телеграфных сигналов к радиовещательному приемнику нужно изготовить гетеродин-приставку на частоту 465 ± 2 кГц.

Гетеродины к радиовещательным приемникам для приема телеграфных сигналов

Простая схема гетеродина на транзисторе (рис. 6-26). Катушка L_1 намотана на пластмассовом каркасе диаметром 8 мм и состоит из двух секций шириной 5 мм, расстояние между секциями 33 мм. Каждая секция содержит 40 витков ЛЭШО 16 × 0,09. Выход гетеродина подключается к «горячему» концу нагруженного на детектор контура УПЧ. Подстроечным конденсатором C_1 устанавливают при среднем положении ротора конденсатора переменной емкости C_2 частоту гетеродина, равную промежуточной частоте при-

емника. Конденсатором C_2 устанавливают тон биений высотой около 1 кГц.

Гетеродин для лампового приемника, обеспечивающий прием телеграфных сигна-

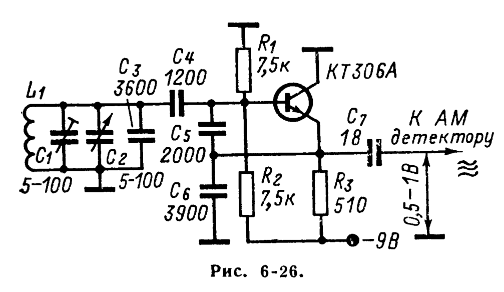


Рис. 6-26.

лов, может быть выполнен, например, по схеме на рис. 6-4. При этом катушка связи L_3 не нужна. Анод лампы 6Ж1П через конденсатор емкостью около 1 пФ соединяют с контуром, нагруженным на детектор приемника.

Прием однополосных сигналов

Для приема однополосных сигналов может быть использован приемник с двойным преобразованием частоты. При этом подавленную в передатчике несущую частоту необходимо в приемнике восстановить, подавая на детектор от местного гетеродина напряжение с частотой, равной промежуточной. Для обеспечения неискаженного воспроизведения сигнала в приемнике должны быть приняты специальные меры. Стабильность частоты гетеродинов приемника при приеме однополосного сигнала должна быть такой, чтобы уход частоты преобразованного в промежуточную частоту сигнала был не более 200 Гц за 15 мин работы. Такая стабильность частоты легко обеспечивается приемником с двойным преобразованием частоты, в котором частота первого гетеродина стабилизирована кварцем, а настройка приемника осуществляется изменением частоты второго гетеродина и первой промежуточной частоты. В этом случае уход частоты приемника практически определяется только уходом частоты второго гетеродина, работающего на частотах 2—5 МГц. Требуемая стабильность частоты этого гетеродина $4 \cdot 10^{-5}$—10^{-4} может быть получена при использовании параметрической стабилизации (например, схемы по рис. 6-6). Некоторые трудности вызывают сопряжение усилителей ВЧ первой ПЧ и необходимость приобретения комплекта кварцевых резонаторов, обеспечивающего работу на всех любительских диапазонах.

Можно также применить двойное преобразование частоты при фиксированной первой промежуточной частоте; в этом случае настройка приемника осуществляется изменением частоты первого гетеродина, сопряженной с настройкой контуров усилителя ВЧ. Требуемая относительная стабильность частоты первого гетеродина (10^{-5} при работе на 10-метровом диапазоне) может быть обеспечена при выполнении его, например, по схеме на рис. 6-6. Приемники УКВ для приема однополосных сигналов должны иметь кварцевую стабилизацию частоты первого гетеродина.

Для реализации преимуществ однополосной радиосвязи приемник должен иметь полосу пропускания 2—3 кГц. Наилучшие результаты достигаются при применении в усилителе ПЧ электромеханического фильтра.

Для неискаженного приема однополосных сигналов необходимо использовать специальные схемы детектирования.

Детектор однополосного сигнала на пентоде (рис. 6-27). Однополосный сигнал вы-

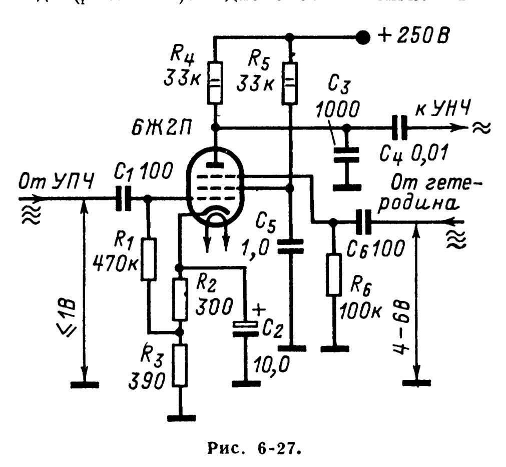


Рис. 6-27.

деляется в анодной цепи смесителя, выполненного на пентоде, с двойным управлением разностных частот, которые и образуют сигнал. Конденсатор C_3 предотвращает проникание колебаний ВЧ сигналов на вход усилителя НЧ.

Детектор однополосных сигналов для транзисторного приемника (рис. 6-28). Источником гетеродинного напряжения для этого

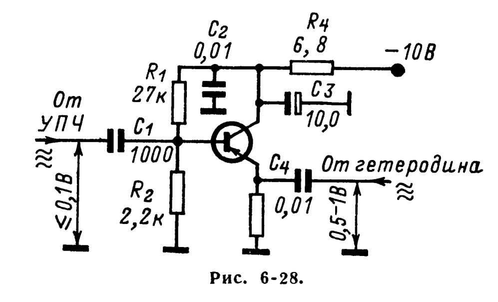


Рис. 6-28.

детектора может служить генератор по схеме на рис. 6-7, *б*. Напряжение от генератора в цепь эмиттера детектора подается с катушки связи L_1, второй конец которой соединяется с корпусом.

Детектор однополосных сигналов на полупроводниковых диодах (рис. 6-29). Источником гетеродинного сигнала может служить

генератор по схеме на рис. 6-4, причем катушка L_1 в схеме детектора является катушкой L_3 в схеме генератора. Детектор

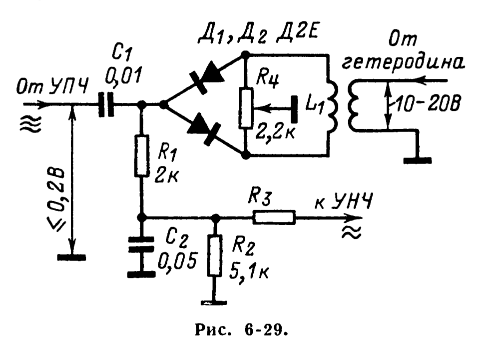


Рис. 6-29.

имеет низкое входное сопротивление и напряжение на него должно сниматься с одной десятой части витков выходного контура усилителя ПЧ.

Устройства для измерения силы сигналов

Силу принимаемых радиосигналов в радиолюбительской практике принято оценивать в единицах S по 9-балльной системе. Сигнал силой $S9$ создает на входе приемника напряжение 50 мкВ. Каждый меньший балл шкалы соответствует вдвое меньшему напряжению входного сигнала (меньше на 6 дБ). Превышение сигнала над величиной $S9$ оценивают в децибелах (например, $S9+10$ дБ, $S9+$ $+25$ дБ и т. д.)

Устройство, измеряющее силу сигналов в таких единицах, называется S-метром. Оно работает от системы АРУ приемника и имеет на выходе стрелочный индикатор (микроамперметр, проградуированный непосредственно в единицах S).

Простейший S-метр по схеме, показанной на рис. 6-30, имеет шкалу от $S2$ до $S9+$ $+40$ дБ.

S-метр с ламповым усилителем постоянного тока (рис. 6-31) имеет более линейную

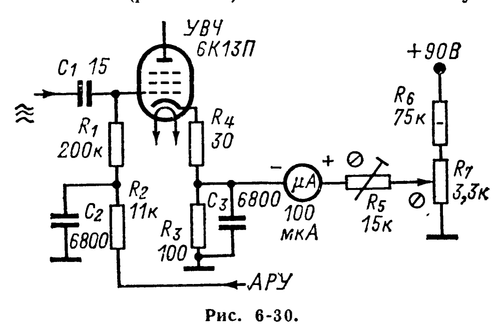


Рис. 6-30.

шкалу; по этой схеме может быть выполнена приставка к приемнику, не имеющему S-метра.

Градуировка S-метра. Вход приемника соединяется с выходом аттенюатора ГСС.

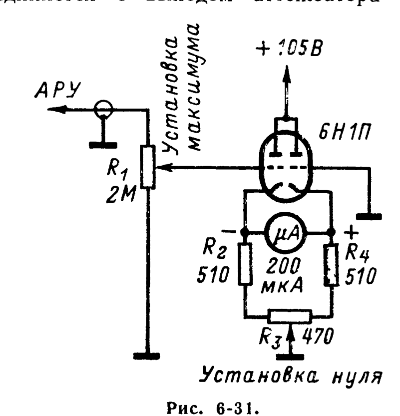
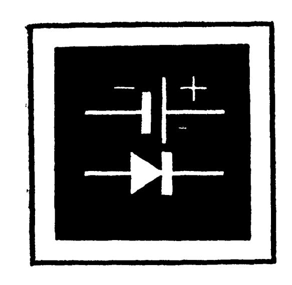


Рис. 6-31.

Регулятор усиления приемника по ВЧ устанавливается на максимум и включается АРУ. Деления шкалы S-метра наносят при указанных в таблице значениях немодулированного напряжения на выходе аттенюатора ГСС.

Таблица 6-5

Напряжение ГСС, мкВ	0,2	0,4	0,8	1,5	3	6	12	25	50	150	500	1 500	5 000
Деления S метра	1	2	3	4	5	6	7	8	9	9+10 дБ	9+20 дБ	9+30 дБ	9+40 дБ



ЭЛЕКТРОПИТАНИЕ АППАРАТУРЫ

РАЗДЕЛ 7

СОДЕРЖАНИЕ

7-1. ХИМИЧЕСКИЕ ИСТОЧНИКИ ТОКА

Параметры гальванических элементов и батарей

Начальное напряжение $U_{нач}$ — напряжение на выводах (зажимах) свежеизготовленного и не подвергавшегося разряду элемента (батареи) при нагрузке его на внешнюю цепь с сопротивлением определенной величины $R_н$, установленной ГОСТ или ТУ на данный элемент (батарею) (см. табл. 7-1 и 7-2).

Элемент считается свежеизготовленным в течение 30 суток, а батарея — в течение 15 суток после выпуска с завода-изготовителя (время изготовления обозначается на элементе, батарее).

При увеличении сопротивления внешней цепи (уменьшении разрядного тока) начальное напряжение элемента или батареи больше, а при уменьшении сопротивления (увеличении тока) — меньше.

Начальная э. д. с. $E_{нач}$ — напряжение на выводах (зажимах) свежеизготовленного, не бывшего в употреблении элемента (батареи) в отсутствие нагрузки.

Продолжительность работы $t_{раб}$ — время, в течение которого напряжение элемента (батареи), разряжаемого на внешнюю цепь с заданным сопротивлением $R_н$, снижается до некоторого значения $U_{кон}$, называемого конечным. Как сопротивление $R_н$ и напряжение $U_{кон}$, так и режим разряда — непрерывный или прерывистый — регламентируются ГОСТ или ТУ на каждый данный тип элемента (батареи).

Продолжительность работы элемента (батареи) сокращается, если разряжать его на внешнюю цепь с меньшим сопротивлением.

Номинальное разрядное сопротивление $R_н$ — сопротивление внешней цепи, на которое разряжают элемент (батарею) для определения продолжительности его работы или отдаваемой емкости.

Гарантийный срок хранения $t_{хран}$ — время, по истечении которого изготовленный заводом элемент может нормально работать определенное время.

Теплостойкость элементов и батарей. Верхний предел рабочей температуры окружающей среды $t_с$ для гальванических элементов ограничен. Указанная в табл. 7-1 и 7-2 продолжительность работы $t_{раб}$ всех цилиндрических элементов системы цинк — двуокись марганца и прямоугольных элементов 145Л, 145У, 165Л, 165У гарантируется при $t_с = 15 \div 60$ °С, элементов 045, 046, батарей 1,28НВМЦ-525, 1,28НВМЦ-525П, 54АСМЦГ-5П и 70АМГЦ-5 при $t_с = 10 \div 40$ °С, батарей 3336Л и всех элементов системы цинк — окись ртути — при $t_с = 0 \div 50$ °С (РЦ82Т до 70 °С), батарей 3336Х — до 40 °С.

Холодостойкость элементов и батарей. При понижении температуры продолжительность работы гальванических элементов и батарей уменьшается. Гарантируемая продолжительность работы всех цилиндричес-

Таблица 7-1

Сухие элементы и батареи электрохимической системы цинк — двуокись марганца

Наименование	$U_{нач}$, В	$t_{хран}$, мес.	Непрерывный режим разряда				Прерывистый режим разряда				Размеры не более, мм	Масса не более, г
			$R_н$, Ом	$U_{кон}$, В	$t_{раб}$, ч: свежеизготовленные	$t_{раб}$, ч: после $t_{хран}$	$R_н$, Ом	$U_{кон}$, В	$t_{раб}$, ч: свежеизготовленные	$t_{раб}$, ч: после $t_{хран}$		
Элементы цилиндрические												
286	1,48	3	200	1,0	20	16	300	0,90	60	48	⌀ 10×44	10
314	1,52	6	200	1,0	38	30	300	0,90	75	60	⌀ 14×38	15
316	1,52	9	200	1,0	60	48	300	0,90	130	100	⌀ 14×50	20
326	1,52	9	200	1,0	100	75	300	0,90	200	150	⌀ 16×50	25
332 (1,3ФМЦ-0,25)	1,40	6	20	0,85	6	4,8	5	0,75	1,5	1,1	⌀ 21×37	30
336	1,40	6	20	0,85	10	7	5	0,75	3,5	2,8	⌀ 21×60	45
343	1,55	18	20	0,85	12	9	5	0,75	4,15	3,3	⌀ 26×50	52
373 «Марс»	1,55	18	20	0,85	40	28	5	0,75	18	11,5	⌀ 34×61	115
374	1,55	18	20	0,85	50	35	5	0,75	21,5	12	⌀ 34×75	130
376	1,55	18	20	0,85	65	45,5	5	0,75	28	18	⌀ 34×91	165
045 (1,35ТВМЦ-50)	1,30	15	10	0,70	520	300	—	—	—	—	57×57×132	600
076 (1,30ТВМЦ-150)	1,30	15	5	0,70	750	500	—	—	—	—	82×82×176	1 700
145Л (2С-Л-9)	1,48	12	20	0,85	160	130	—	—	—	—	42×42×102	300
145У (1,6ПМЦ-У-8)	1,60	18	20	0,85	160	130	—	—	—	—	42×42×102	300
165Л (3С-Л-30)	1,50	21	20	0,85	550	400	—	—	—	—	57×57×132	700
165-У (3С-У-30)	1,66	21	20	0,85	550	400	—	—	—	—	57×57×132	700
Батареи												
1,28НВМЦ-525	1,28	15	2	0,80	1 100	—	2	0,85	665	500	160×160×185	6 500
1,28НВМЦ-525П	1,28	15	2	0,80	1 100	—	5,5	0,95	1 200	840	160×160×185	6 500
3336Л	3,7	6	10	2,0	2	1,3	15	2,25	3,5	2,8	63×22×67	150
3336Х	4,1	6	10	2,0	3	2	15	2,25	3,5	2,8	63×22×49	150
«Крона ВЦ»	9,0	—	—	—	—	—	900	5,5	60		16×26×49	40
54АСМЦГ-5П												
Анодная секция	54	15	800	27	120	—	7 600	30	1 000	700	225×85×235	700
Сеточная секция	4	15	60	2	120	—	600	3	1 000	700		
70АМЦГ-5 «Восток»	70	15	1 000	35	120	—	7 600	40	725	565	155×155×215	8 500
Анодная секция	90	—	—	—	—	—	15 200	—	800	—		
Накальная секция	1,2	—	—	—	—	—	2,7	—	800	—	240×175×105	5 000
Сеточная секция	7,8	—	—	—	—	—	1 400	—	800	—		

Примечания: Для элементов типов 286, 314, 316, 326 $U_{нач}$ нормируется при $R_н = 50$ Ом, для элементов 332, 343, 373, 374, 376 — при 10 Ом, а элементов и батарей остальных типов — при величинах $R_н$, указанных для непрерывного режима разряда.

Цилиндрические элементы 286, 314, 316 и 326 испытываются на продолжительность работы в прерывистом режиме разряда ежедневно по 12 ч. Остальные цилиндрические элементы испытываются 5 дней в неделю, причем элементы 332 по 5 мин в день; 336 и 343, а также батареи 3336л и 3336х по 10 мин в день; 373, 374, 376 по 30 мин в день. Батареи 1,28НВМЦ-525, 1,28НВМЦ-525П, 54АСМЦГ-5П и 70 АМЦГ-5 испытываются ежедневно по 4 ч.

ких элементов системы цинк—двуокись марганца при $t_c = -40$ °С снижается не более чем в 10 раз, элементов 145У — в 2,6 раза и элементов 165У — в 5 раз. Гарантируемая продолжительность работы элементов 145Л и 165Л уменьшается в 2,6 и 5 раз соответственно при температуре минус 17 °С. Продолжительность работы батарей 3336Л при температуре минус 10 °С и 3336Х при минус 20 °С в 3—4 раза меньше, чем в нормальных условиях. Для элементов и батарей остальных типов продолжительность работы при низких температурах не указывается.

Параметры аккумуляторов

Номинальное напряжение — условная величина напряжения на зажимах свежезаряженного аккумулятора в начале его разряда током, величина которого устанавливается ГОСТ или ТУ.

Номинальное напряжение малогабаритных кадмиево-никелевых аккумуляторов равно 1,25 В на элемент; гарантируется в течение первых 5 мин разряда.

Номинальная емкость аккумулятора — количество электричества, которое отдает

полностью заряженный аккумулятор при разряде его стандартным током до конечного разрядного напряжения; номинальная емкость измеряется в ампер-часах [А·ч] или согласно системе единиц СИ в килокулонах [кКл].

$$1А \cdot ч = 3,6 \; кКл.$$

Стандартный (*номинальный*) *разрядный ток* — указанное в ГОСТ или ТУ значение тока, при разряде которым определяется емкость аккумулятора.

Для большинства аккумуляторов стандартный разрядный ток численно равен 0,1 величины номинальной емкости. Если аккумулятор разряжать с большими перерывами в течение длительного времени, то он отдаст емкость, меньшую номинальной даже в случаях, когда разрядный ток равен номинальному или меньше его. Последнее объясняется саморазрядом аккумулятора.

Таблица 7-2

Сухие элементы электрохимической системы цинк — окись ртути

Наименование *	$U_{нач}$, В	$t_{хран}$, мес.	Испытательный режим непрерывного разряда			Размеры не более, мм	Масса не более, г
			$R_н$, Ом	$t_{раб}$, ч ** при 20—50 °С	$t_{раб}$, ч ** при 0 °С		
РЦ53	1,25	12	120	24	8	∅ 15,6×6,3	4,6
РЦ55	1,22	30	120	50	15	∅ 15,6×12,5	9,5
РЦ63	1,25	18	60	27	12	∅ 21×7,4	10
РЦ65	1,22	30	60	53	15	∅ 21×13	18
РЦ73	1,25	18	40	32	12	∅ 25×8,4	17
РЦ75	1,22	30	40	55	15	∅ 25×13	27
РЦ82Т	1,25	18	25	35	12	∅ 30×9	30
РЦ83	1,25	18	25	35	12	∅ 30×9	28
РЦ85	1,22	30	25	55	15	∅ 30×14	39
РЦ85У	1,22	18	25	55	—	∅ 30×14	39

* Для всех элементов $E_{нач} \geq 1,34$ В.

** При разряде элементов при $t_с = 20 \div 50$ °С (для РЦ82Т до 70 °С) до $U_{кон} = 1$ В и при $t_с = 0$ °С до $U_{кон} = 0,9$ В.

Указанное значение $t_{раб}$ гарантируется в течение 12 мес со времени изготовления элементов (для элементов РЦ53 в течение 6 мес.). До конца указанного в таблице гарантийного срока хранения $t_{хран}$ (12, 18 или 30 мес.) $t_{раб}$ уменьшается не более чем на 10%.

Таблица 7-3

Малогабаритные кадмиево-никелевые аккумуляторные элементы

Наименование	Номинальная емкость [1], А·ч	Предельно допустимый средний разрядный ток, мА	Стандартный режим заряда [2]		Размеры не более, мм	Масса, г
			Ток, мА	Продолжительность, ч		
			Дисковые			
Д-0,06	0,06	12	6	15	∅ 15,7×6,5	4
Д-0,1	0,1	20[3]	12	15	∅ 20×7	7
Д-0,25	0,25	130[4]	20	19	∅ 27×10	14
			Цилиндрические			
ЦНК 0,2	0,2	40	20	15	∅ 14×25	13
ЦНК-0,45	0,45	90	45	15	∅ 14×50	25
ЦНК-0,85	0,85	170	85	15	∅ 14×91	47

[1] Емкость при разряде при температуре 15—35 °С в течение 10 ч током, численно равным 0,1 величины номинальной емкости, до конечного напряжения 1 В. Если аккумулятор разряжается при более низкой температуре до минус 10 °С, емкость может снизиться до 60% ее номинального значения.

[2] Допускается уменьшение зарядного тока на 50% при условии соответствующего увеличения продолжительности заряда. Допускается перезаряд по времени на 50%.

[3] При разряде током более 15 мА емкость может снизиться до 0,08 А·ч. Допускаются мгновенные значения разрядного тока до 60 мА.

[4] При разряде в течение 1 ч до конечного напряжения 0,7 В. Допускается начальный разрядный ток 175 мА, уменьшающийся до 90 мА в конце разряда.

Таблица 7-4

Малогабаритные аккумуляторные батареи

Наименование типа батареи *	Номинальная емкость, А·ч	Режим разряда		Стандартный режим заряда **		Размеры, мм	Масса, г
		Рекомендуемый ток, мА	Конечное напряжение, В	Ток, мА	Конечное напряжение, В		
7Д-0,1	0,1	10—20	7,0	10	8,5—11,0	⌀ 24×62	55
10Д-0,25	0,25	25—50	10,0	20	12,0—15,7	⌀ 82×109×10	200
3ЦНК-0,2	0,2	20—40	3,0	20	3,6—4,8	⌀ 16×74	40
11ЦНК-0,45	0,45	45—90	11,0	45	13,0—17,5	⌀ 39×57×112	350

* Число в начале обозначения типа батареи указывает количество последовательно соединенных элементов, число в конце обозначения — номинальную емкость в ампер-часах.

** Напряжение в конце заряда указано ориентировочно; его величина не является контрольным параметром при заряде. Время заряда батареи 10Д-0,25, разряженной до конечного напряжения, равно 19 ч; для батарей остальных типов — 15 ч. Если на заряд ставится частично разряженная батарея, продолжительность заряда должна быть такой, чтобы батарее было сообщено 120—150% количества электричества, отданного ею при предыдущем разряде.

Конечное разрядное напряжение — напряжение на зажимах аккумулятора, при достижении которого дальнейший разряд должен быть прекращен. Невыполнение этого условия приводит к снижению емкости аккумулятора при последующих циклах заряд — разряд.

Стандартный режим заряда определяется указанными в ГОСТ или ТУ величиной зарядного тока и продолжительностью заряда; после такого заряда исправный аккумулятор накапливает количество электричества, соответствующее его номинальной емкости.

Наиболее употребимые типы аккумуляторов приведены в табл. 7-3 и 7-4.

7-2. ВЫПРЯМИТЕЛИ

Выбор схемы выпрямителя

В устройствах питания радиоэлектронной аппаратуры от электросети и в транзисторных преобразователях постоянного напряжения используют преимущественно выпрямители на полупроводниковых диодах с кон-

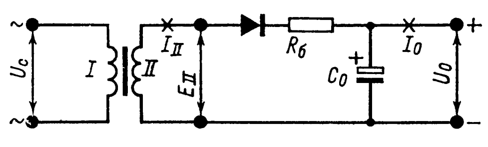


Рис. 7-1.

денсатором на входе сглаживающего фильтра («работающие на емкость»), так как по сравнению с кенотронными выпрямителями они имеют большие к. п. д., меньшие размеры и более надежны в работе.

Однофазный полупроводниковый выпрямитель (рис. 7-1) применяют, если требуется выпрямленный ток не более нескольких миллиампер, например, для питания анодов электроннолучевых трубок или для создания отрицательного смещения на управляющих сетках электронных ламп. Если применить конденсатор C_0 достаточно большой емкости, то от такого выпрямителя можно получить напряжение с весьма малыми пульсациями. При токе нагрузки более 10 мА к выпрямителю нужно добавить сглаживающий *RC*- или *LC*-фильтр (см. разд. 7-5).

Двухполупериодные полупроводниковые выпрямители. Для питания транзисторов, цепей анодов и сеток электронных ламп, когда

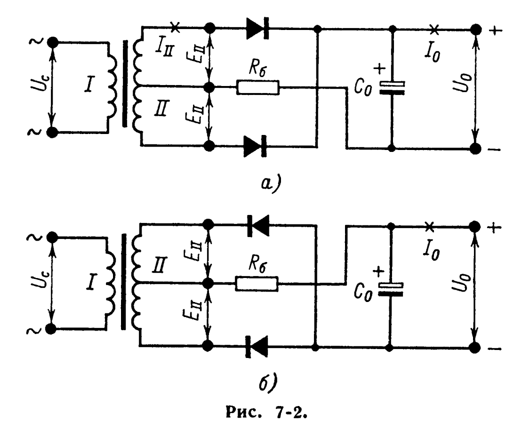


Рис. 7-2.

требуется ток величиной от десятков миллиампер и более, применяют преимущественно выпрямители по двухфазной (рис. 7-2) и мостовой схеме Греца (рис. 7-3) с *RC* или *LC* сглаживающим фильтром, потому что частота пульсаций в них вдвое выше, чем в однополупериодных выпрямителях. Это значительно упрощает подавление их при значительных выпрямленных токах.

Специально для использования в мостовых схемах выпускают выпрямительные столбы КЦ401Б и КЦ401В из кремниевых диодов (их включение в выпрямитель показано на рис. 7-4) и АВС-80-260 и АВС-120-270

из селеновых диодов. Столбы последних двух типов включают в выпрямитель согласно имеющимся на них обозначениям.

Выпрямитель на два напряжения. Сделав вывод от средней точки вторичной обмотки

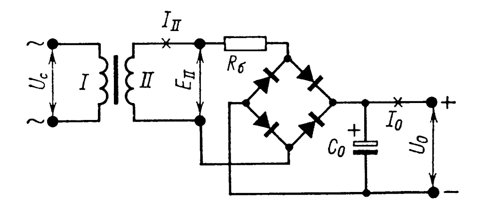


Рис. 7-3.

трансформатора питания, можно получить выпрямленные напряжения двух величин (рис. 7-5, *а*).

В блоках питания телевизоров, где нужно иметь напряжения двух величин, сое-

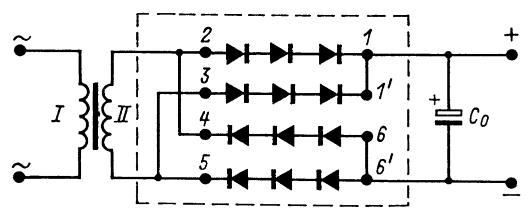


Рис. 7-4.

диняют последовательно со стороны выходов два выпрямителя по мостовой схеме, каждый из которых получает переменное напряжение от отдельной обмотки трансформатора питания (рис. 7-5, *б*).

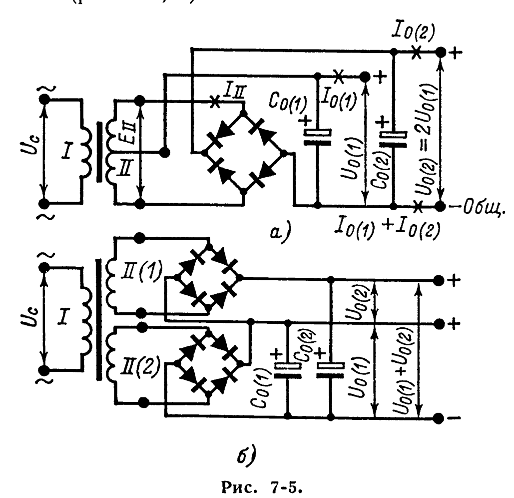


Рис. 7-5.

Полупроводниковые выпрямители с удвоением напряжения (рис. 7-6) выгодны тем, что с их помощью можно получить выпрямленное напряжение примерно вдвое больше действующего значения подводимого переменного напряжения.

С помощью выпрямителя по схеме по рис. 7-6, *б* можно получить без применения делителей напряжения выпрямленные напряжения двух величин, причем $U_{0\,(2)} \approx 0{,}5\,U_0$. В нем можно применить столб КЦ401В или КЦ401Б, включая его по схеме на рис. 7-7.

Балластные резисторы $R_б$ сопротивлением 100—200 Ом необходимы в выпрямителях с точечными диодами для ограничения

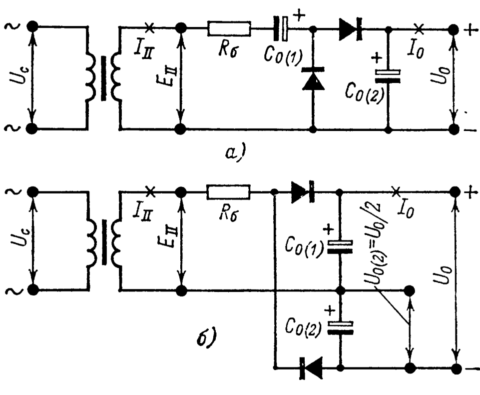


Рис. 7-6.

импульсных токов, идущих через них на зарядку конденсаторов фильтров при включении выпрямителя. В выпрямителях с плоскостными диодами, менее чувствительными к кратковременным токовым перегрузкам, балластные резисторы не обязательны, но иногда их применяют, если в выпрямителе использован готовый трансформатор, напряжение вторичной обмотки которого больше требуемой.

Шунтирование диодов резисторами. Если в каждое плечо выпрямительной схемы включено последовательно два или более плоскостных диодов, то достаточно равномерное

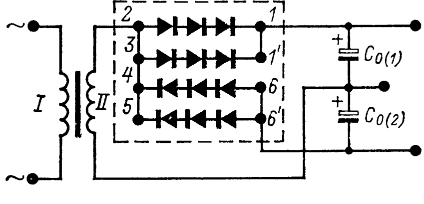


Рис. 7-7.

распределение обратного напряжения между ними получают включением резисторов с одинаковыми номинальными сопротивлениями параллельно каждому диоду.

Соединенные последовательно селеновые диоды шунтировать резисторами не нужно. Последовательное включение точечных диодов в выпрямительных схемах не применяют.

Кенотронные выпрямители. Типовые схемы кенотронных выпрямителей показаны на рис. 7-8 и 7-9. Однофазные выпрямители (рис. 7-8) применяют преимущественно для получения высоких напряжений при малых токах.

Таблица 7-5

Формуляр расчета полупроводниковых выпрямителей

Параметр	Соотношения для схемы				№ формулы
	однофазной	двухфазной	мостовой Греца	с удвоением напряжения	
U_0, В	$U_н+U_ф=(1{,}03\div 1{,}2)\ U_н$				1
$U_{обр\ m\ макс}$ не менее, В	$3U_0$		$1{,}5U_0$		2
$I_{в.\ макс}$ не менее, А	$2I_0$	I_0		$2I_0$	3
$r_{пр.\ герм}$, Ом $r_{пр.\ кремн}$, Ом	$0{,}15/I_0$ $0{,}3/I_0$	$0{,}3/I_0$ $0{,}6/I_0$		$0{,}15/I_0$ $0{,}3/I_0$	4а 4б
P_0, Вт	U_0I_0				5
R_0, Ом	U_0/I_0				6
$r_{тр}$, Ом	k_1R_0 $0{,}5k_1R_0\left(1+\frac{k_2P_0}{k_2P_0+P_\sim}\right)$				7а 7б
k_1	Согласно номограмме на рис. 7-11 *				—
k_2	2,3	1,1	1,6		—
$r_\sim$, Ом	$mr_{пр}+r_{тр}+R_б$		$2mr_{пр}+r_{тр}+R_б$	$mr_{пр}+r_{тр}+R_б$	8
E_{II}, В	k_3U_0				9
k_3	Согласно номограмме на рис. 7-12 *				—
I_{II}, А	$2{,}3I_0/k_3$	$1{,}1I_0/k_3$	$1{,}6I_0/k_3$		10
$U_{C\ ном}$ не менее, В	$(1{,}3\div 1{,}5)\ U_{II}$				11
n не менее	$\frac{(1{,}3\div 1{,}5)\ U_{II}}{U_{C\ ном}}$				12
v_0 не более	$\frac{7\,500n}{R_0C_0}$	$\frac{3\,200n}{R_0C_0}$		$\frac{15\,000n}{R_0C_0}$	13
C_0 не менее, мкФ	$\frac{7\,500n}{R_0v_0}$	$\frac{3\,200n}{R_0v_0}$		$\frac{15\,000n}{R_0v_0}$	14

* Кривая *Д* — для двухфазного выпрямителя, *М* — для мостового по схеме Греца, *О* — для однофазного, *У* — для выпрямителя с удвоением напряжения.

Конденсаторы в высоковольтных выпрямителях. В фильтрах высоковольтных выпря-

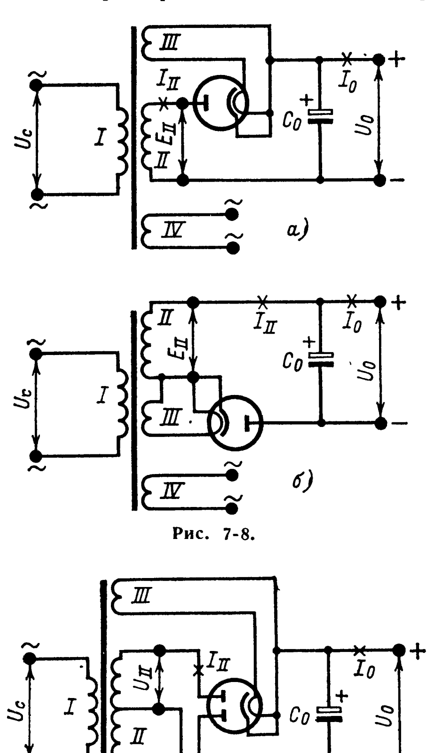


Рис. 7-8.

Рис. 7-9.

мителей, предназначенных для питания передатчиков, применяют металлобумажные или бумажные конденсаторы или включают последовательно два или несколько электролитических конденсаторов (электролитические конденсаторы с номинальными напряжениями выше 450 В не изготовляются). В последнем случае необходимо обеспечить равномерное распределение напряжения между конденсаторами, шунтируя каждый высокоомным резистором. Все резисторы должны иметь одинаковое номинальное сопротивление.

Расчет выпрямителей на полупроводниковых диодах

Исходные данные для расчета: 1) постоянная составляющая выпрямленного тока I_0, равная сумме токов, потребляемых каскадами питаемого устройства; 2) наибольшая величина выпрямленного напряжения $U_н$ из числа напряжений, необходимых для питания нагрузок (например, напряжение питания анодной или коллекторной цепи оконечного каскада УНЧ или передатчика); 3) допустимый коэффициент пульсации напряжения на конденсаторе C_0 (или на последовательно соединенных конденсаторах).

Путем расчета должны быть выбраны тип и количество полупроводниковых диодов, параметры конденсатора C_0 и получены данные, необходимые для расчета трансформатора питания.

Расчет выпрямителя на полупроводниковых диодах с трансформатором производится по формуляру (табл. 7-5) в следующем порядке.

1) Если коллекторная или анодная цепь оконечного каскада приемника, усилителя или иная нагрузка будет получать питание непосредственно с конденсатора C_0, принимаем $U_н = U_0$. Когда же эта нагрузка должна питаться через RC или LC сглаживающий фильтр, то надо задаться падением напряжения на этом звене $U_ф$ в пределах $(0{,}1 \div 0{,}2)\ U_н$ для RC-звена либо $(0{,}03 \div 0{,}1)\ U_н$ для LC-звена и по формуле (1) определить требуемое значение постоянной составляющей напряжения на входе фильтра U_0.

Таблица 7-6

Параметры резисторов для шунтирования диодов *

Тип диода	Тип резистора	Сопротивление, кОм	Тип диода	Тип резистора	Сопротивление, кОм
Д7А	ВС-0,125	6,8	Д206	МЛТ-0,25	330
Д7Б	ВС-0,125	15	Д207, Д237А	МЛТ-0,25	560
Д7В	ВС-0,25	22	Д208	МЛТ-0-25	820
Д7Г	ВС-0,25	33	Д209, Д237Б	МЛТ-0,5	1 000
Д7Д	ВС-0,25	47	Д226Б	ВС-0,25	82
Д7Е	ВС-0,25	68	Д226В	ВС-0,25	68
Д7Ж	ВС-0,25	82	Д226Г	ВС-0,25	47
Д202, Д229В	МЛТ-0,25	68	Д226Д	ВС-0,125	27
Д203, Д229Г	МЛТ-0,25	120	КД103А, КД103Б	МЛТ-0,25	680
Д204, Д229Д	МЛТ-0,5	180	КД105А	МЛТ-0,25	270
Д205, Д229Е	МЛТ-0,5	270	КД105Б	МЛТ-0,5	470

* При $t_c \leqslant 50$ °С для диодов Д7А — Д7Ж и Д226Б — Д226 Д $t_c \leqslant 85$ °С для диодов остальных типов, приводимых в таблице.

2) По табл. 10-15, 10-16 или 10-19 выбираем тип полупроводникового диода, удовлетворяющего условиям (2) и (3). Если имеются диоды, удовлетворяющие условию (3), но не удовлетворяющие условию (2), то с помощью номограммы на рис. 7-10 определяем, сколько диодов нужно включить в каждое плечо выпрямителя, принимая ориентировочно для выпрямителей с удвоением напряжения $E_{II} = 0{,}45\ U_0$, а для выпрямителей по другим схемам $E_{II} = U_0$ при $U_0 < 50$ В и $E_{II} = 0{,}9\ U_0$ при больших напряжениях.

Если в плече схемы по расчету должно быть более одного диода, то параллельно каждому из них нужно включить резисторы $R_ш$, тип и сопротивление которых находим по табл. 7-6. Допустимое отклонение от номинального сопротивления этих резисторов не более ±10%. Можно применить резисторы с ближайшим большим или меньшим стандартным номинальным сопротивлением, однако все они должны быть одинаковыми.

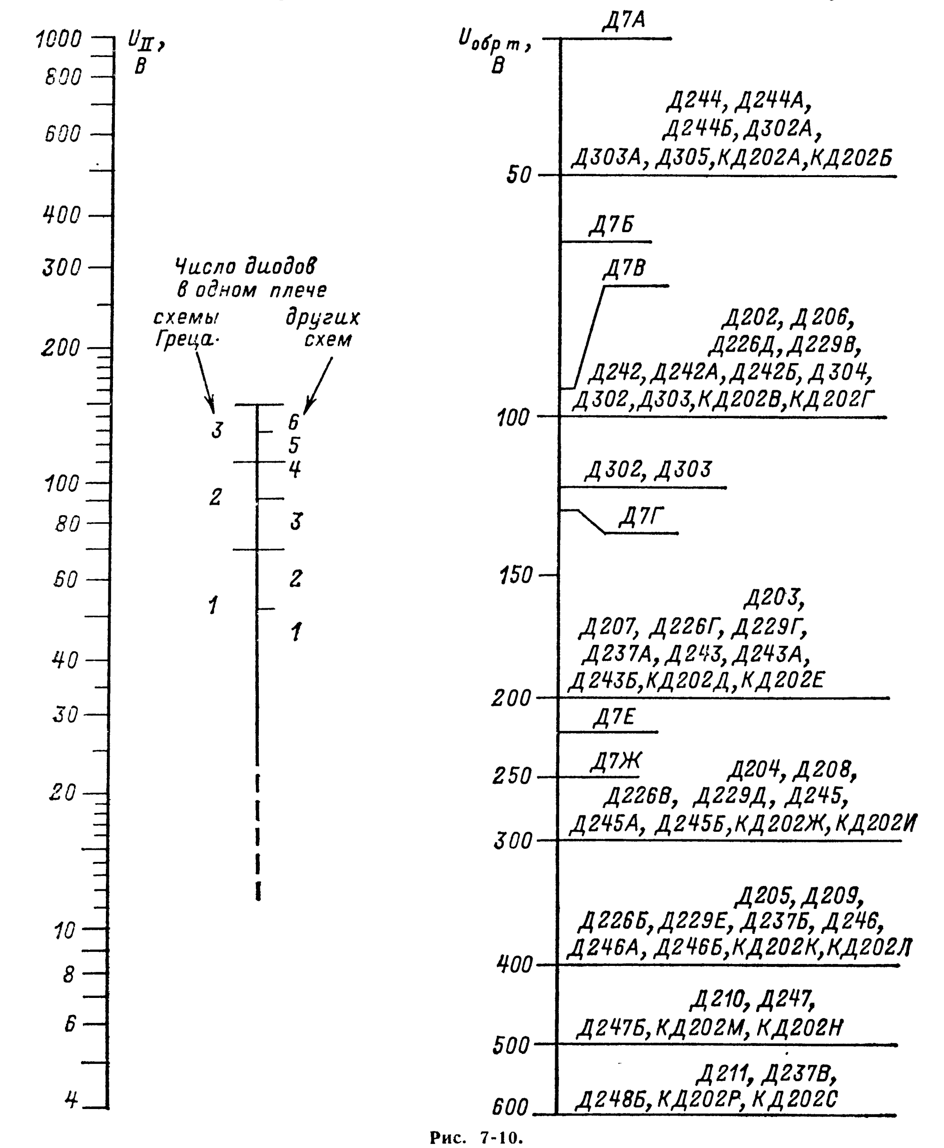


Рис. 7-10.

3) Определяем прямое сопротивление германиевого диода при данном значении I_0 по формуле (4а) или кремниевого — по формуле (4б).

4) Вычисляем мощность постоянной составляющей выпрямленного тока на входе сглаживающего фильтра P_0 и входное сопротивление фильтра для этой составляющей R_0 по формулам (5) и (6).

5) Вычисляем вносимое в цепь вентилей сопротивление трансформатора $r_{тр}$ по формуле (7а), если трансформатор двухобмоточный, или по формуле (7б) при наличии на трансформаторе дополнительных обмоток, с которых снимается суммарная мощность переменного тока $P_{\sim}$.

6) Вычисляем по формуле (8) полное сопротивление переменному току цепи диодов.

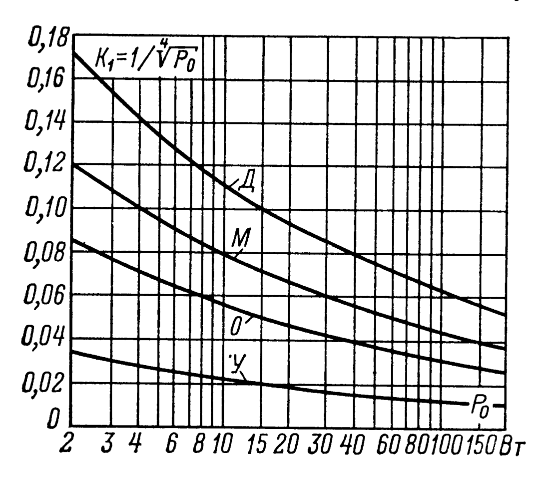


Рис. 7-11.

Рис. 7-12.

7) По отношению $r_{\sim}/R_0$ по графику на рис. 7-12 находим вспомогательный коэффициент $к_3$ и по формуле (9) определяем э. д. с. вторичной обмотки трансформатора E_{II}. Принимая полученное значение, по номограмме на рис. 7-10 проверяем правильность выбранного числа диодов.

8) Определяем действующее значение тока вторичной обмотки по формуле (10).

9) Электролитический конденсатор C_0 должен иметь номинальное напряжение не менее вычисленного по формуле (11). При использовании конденсаторов К50-7 с $U_{C\ ном} \leqslant 400$ В принимаем в этой формуле коэффициент 1,3, а при использовании конденсаторов всех других типов и номинальных напряжений — 1,5.

Если $E_{II} \geqslant 300 \div 350$ В (соответственно для выпрямителя без удвоения напряжения $U_0 \geqslant 350 \div 400$ В и для выпрямителя с удвоением напряжения $U_0 \geqslant 700 \div 800$ В), следует применить металлобумажный или бумажный конденсатор с $U_{C\ ном} \geqslant 1{,}4\ E_{II}$ или включить последовательно несколько электролитических конденсаторов, число которых определяется формулой (12). В последнем случае каждый конденсатор нужно шунтировать резистором, сопротивление которого

$$R = \frac{3\,000 \div 4\,000}{C_{ном}\ [мкФ]},\ кОм. \qquad (7\text{-}1)$$

Выбираем резистор с ближайшим стандартным номинальным сопротивлением. Его мощность рассеяния определяем по графику на рис. 10-27.

10) Чтобы пульсация напряжения на электролитическом конденсаторе C_0 не превышала допустимой величины, он должен иметь емкость не менее указанной в табл. 7-7 исходя из величины общего тока нагрузки выпрямителя I_0. Для схемы с удвоением напряжения $U_{C\ ном}$ и $C_{ном}$ относятся к каждому конденсатору.

11) Коэффициент пульсации напряжения на конденсаторе C_0 данной емкости (или на последовательно соединенных конденсаторах) не будет превышать величины v_0, определяемой формулой (13).

12) Если при емкостях, выбранных как указано выше, значение v_0 получается недопустимо большим, то нужно задаться приемлемой величиной v_0, подставить ее в формулу (13), снова вычислить емкость C_0 и выбрать конденсатор с ближайшей большей номинальной емкостью.

7-3. ТРАНСФОРМАТОРЫ ПИТАНИЯ

Схемы трансформаторов питания

Трансформаторы питания обычно рассчитывают на работу от электросетей с двумя стандартными номинальными напряжениями: 127 и 220 В. Для этого первичные обмотки трансформаторов выполняют из нескольких секций, которые соединяют между собой различно в зависимости от напряжения электросети.

Переключатель секций первичной обмотки чаще всего выполняют в виде октальной ламповой панели, к гнездам которой подпаивают выводы от секций, и съемной колодки, подобной цоколю электронной лампы, с попарно четырьмя соединенными между собой штырьками. Вставляя колодку в панель в различных положениях, получают различные комбинации соединения секций первичной обмотки (рис. 7-13). Переключение сек-

Таблица 7-7

К выбору конденсатора на входе сглаживающего фильтра

Номинальное напряжение конденсатора $U_{C\ ном}$, В (тип)	Номинальная емкость конденсатора C_0, мкФ	Тип электролитических конденсаторов					
		КЭ-1Н, КЭ-1М, КЭ-2М, КЭ-2Н		К50-3, К50-3А, К50-3Б		К50-6, К50-7	
		Предельно допустимый ток [А] нагрузки выпрямителя по схеме *					
		О; У	Д; М	О; У	Д; М	О; У	Д; М
10 (К50-6); 12 (КЭ-1Н, КЭ-1М, КЭ-2Н, КЭ-2М, К50-3, К50-3Б)	10	0,002	0,003	0,002	0,004	0,003	0,004
	20	—	—	0,004	0,008	0,006	0,008
	30	0,005	0,007	—	—	—	—
	50	0,008	0,01	0,008	0,014	0,016	0,02
	100	0,016	0,02	0,016	0,028	0,032	0,04
	200	0,016	0,02	0,02	0,03	0,05	0,06
	500	0,04	0,05	0,047	0,065	0,13	0,16
	1 000	0,08	0,1	0,1	0,16	0,25	0,32
	2 000	0,16	0,2	0,2	0,32	0,4	0,5
	4 000	—	—	—	—	0,25	0,32
15 (К50-6); 20 (КЭ-1Н, КЭ-1М, КЭ-2Н, КЭ-2М)	10	0,004	0,005	—	—	0,005	0,006
	20	0,008	0,01	—	—	0,01	0,012
	30	0,008	0,01	—	—	0,015	0,02
	50	0,013	0,016	—	—	0,025	0,033
	100	0,025	0,033	—	—	0,04	0,05
	200	0,025	0,033	—	—	0,08	0,1
	500	0,065	0,08	—	—	0,2	0,25
	1 000	0,13	0,16	—	—	0,4	0,5
	2 000	0,25	0,3	—	—	0,6	0,7
	4 000	—	—	—	—	0,4	0,45
25 (К50-3, К50-3Б, К50-6); 30 (КЭ-1Н, КЭ-1М, КЭ-2Н, КЭ-2М)	2	—	—	0,001	0,002	0,002	0,002
	5	—	—	0,002	0,003	0,004	0,005
	10	0,006	0,008	0,005	0,009	0,007	0,01
	20	0,012	0,016	0,01	0,017	0,015	0,02
	30	0,012	0,016	—	—	—	—
	50	0,02	0,025	0,016	0,03	0,033	0,04
	100	0,04	0,05	0,032	0,06	0,065	0,08
	200	0,04	0,05	0,04	0,065	0,13	0,16
	500	0,1	0,13	0,1	0,15	0,25	0,3
	1 000	—	—	0,2	0,3	0,5	0,6
	2 000	—	—	0,4	0,6	0,65	0,8
	4 000	—	—	—	—	0,65	0,8
50 (КЭ-1Н, КЭ-1М, КЭ-2Н, КЭ-2М, К50-3, К50-3Б, К50-6)	1	—	—	0,001	0,002	0,002	0,002
	2	—	—	0,002	0,003	0,003	0,003
	5	—	—	0,005	0,008	0,007	0,009
	10	0,01	0,012	0,01	0,017	0,013	0,016
	20	0,02	0,024	0,02	0,035	0,025	0,032
	30	0,02	0,024	—	—	—	—
	50	0,033	0,04	0,035	0,06	0,05	0,06
	100	0,065	0,08	0,065	0,11	0,1	0,12
	200	—	—	0,08	0,13	0,2	0,24
	2 000	—	—	0,65	1,0	—	—
100 (К50-3, К50-3А, К50-3Б, К50-6)	1	—	—	0,002	0,002	0,002	0,002
	2	—	—	0,003	0,005	0,004	0,005
	5	—	—	0,007	0,011	0,01	0,012
	10	—	—	0,017	0,022	0,013	0,016
	20	—	—	0,025	0,045	0,025	0,032

Продолжение табл. 7-7

Номинальное напряжение конденсатора $U_{C\ ном}$, В (тип)	Номинальная емкость конденсатора C_0, мкФ	Тип электролитических конденсаторов					
		КЭ-1Н, КЭ-1М, КЭ-2М, КЭ-2Н		К50-3, К50-3А, К50-3Б		К50-6, К50-7	
		Предельно допустимый ток [А] нагрузки выпрямителя по схеме *					
		О; У	Д; М	О; У	Д; М	О; У	Д; М
150 (КЭ-1Н, КЭ-1М, КЭ-2Н, КЭ-2М); 160 (К50-3, К50-3А, К50-3Б, К50-6)	1 2 5 10	— — — 0,02	— — — 0,025	— 0,004 0,01 0,02	— 0,007 0,017 0,033	0,002 0,004 0,01 0,02	0,003 0,005 0,012 0,024
150 (КЭ-1Н, КЭ-1М, КЭ-2Н, КЭ-2М); 160 (К50-3, К50-3А, К50-3Б, К50-7)	20 30 50 100 200 500	0,04 0,035 — — — —	0,05 0,04 — — — —	0,04 — 0,065 0,13 0,25 —	0,07 — 0,1 0,2 0,4 —	0,08 — 0,2 0,3 0,6 1,0	0,1 — 0,25 0,4 0,8 1,2
200 (КЭ-2Н); 250 (КЭ-2Н, К50-3, К50-3Б, К50-7)	10 20 50 100 150 150+150 200	— — — — 0,16 0,2 —	— — — — 0,2 0,23 —	— 0,065 0,1 0,2 0,3 —	— 0,12 0,17 0,33 0,5 —	0,065 0,13 0,24 0,32 — 0,65	0,08 0,16 0,3 0,4 — 0,8
300 (КЭ-1Н, КЭ-1М, КЭ-2Н, КЭ-2М, К50-3, К50-3Б, К50-7)	5 10 20 30 40+40 50 100 120 150 200	0,02 0,04 0,08 0,07 0,08 — — 0,23 0,29 —	0,025 0,05 0,1 0,09 0,09 — — 0,3 0,35 —	— — — — — — — — —	— — — — — — — — —	0,04 0,08 0,12 — 0,2 0,25 — — 0,5	0,05 0,1 0,15 — 0,25 0,32 — — 0,65
350 (К50-3, К50-3А, К50-3Б, К50-7); 400 (КЭ-1Н, КЭ-1М, КЭ-2Н, КЭ-2М)	2 5 10 20 50 100	— 0,025 0,05 0,1 — —	— 0,03 0,06 0,12 — —	0,009 0,023 0,045 0,09 0,14 —	0,015 0,04 0,08 0,16 0,24 —	— 0,034 0,068 0,09 0,12 0,22	— 0,043 0,085 0,12 0,15 0,27
450 (КЭ-1Н, КЭ-1М, КЭ-2Н, КЭ-2М, К50-3, К50-3А, К50-3Б, К50-7)	2 5 10 20 40 50 80 100	— 0,03 0,06 0,12 0,14 — 0,23 —	— 0,038 0,075 0,15 0,18 — 0,29 —	0,012 0,03 0,06 0,12 — 0,18 — —	0,022 0,05 0,1 0,2 — 0,3 — —	— 0,045 0,09 0,12 — 0,15 — 0,3	— 0,055 0,11 0,15 — 0,18 — 0,35

* О — однофазная; У — с удвоением напряжения; Д — двухфазная; М — мостовая Греца.

ций первичной обмотки по схеме на рис. 7-14 можно осуществлять перестановкой плавкого предохранителя из одного держателя в другой либо однополюсным переключателем любой другой конструкции, выдерживающим ток первичной обмотки.

Вторичные обмотки отделяют от первичной экраном, задачей которого является ослаблять помехи, проникающие в питаемую схему от электросети. Экран чаще всего выполняют в виде слоя изолированного провода диаметром 0,2—0,5 мм. Один его конец соединяют с шасси, на котором монтируется выпрямитель. Роль экрана может выполнять обмотка накала ламп, если ее намотать непосредственно поверх первичной обмотки.

Расчет трансформаторов питания

Расчет трансформаторов питания может быть выполнен в нескольких вариантах, поскольку можно сконструировать трансформаторы с одинаковыми параметрами, но различающиеся размерами сердечников и данными обмоток. В радиолюбительских условиях при расчете трансформатора зачастую приходится исходить из наличия магнитопровода или пластин для его сборки того иного типа.

Коэффициент полезного действия трансформатора — отношение суммы электрических мощностей, снимаемых со всех вторичных обмоток трансформатора, к мощности, поступающей на трансформатор из сети. Правильно сконструированные трансформаторы питания при полной нагрузке имеют следующие к п. д.

Трансформируемая мощность, В · А	К. п. д.
10—20	0,65—0,75
20—50	0,70—0,80
50—100	0,75—0,85
100—200	0,82—0,88
200—500	0,85—0,90
500—1 000	0,90—0,95

Типовая мощность трансформатора $P_{тр}$ [В·А] равна полусумме полных мощностей первичной и всех вторичных обмоток трансформатора. Полная мощность каждой из обмоток представляет собой произведение действующего значения ее э. д. с. [В] на действующее значение протекающего в ней тока [А]. Чем больше полезное сечение сердечника S [см²] и размеры его окна c, h [см], тем больше типовая мощность трансформатора, выполненного на таком сердечнике. При магнитопроводе данного размера она прямо пропорциональна амплитуде магнитной индукции B_m [Т], плотности тока в обмотках J [А/мм²] и его частоте $f_с$ [Гц], к. п. д. трансформатора $\eta_{тр}$ и коэффициенту заполнения окна сердечника медью β_0:

$$P_{тр}=0{,}022SchB_m f_с J\eta_{тр}\beta_0. \qquad (7\text{-}2)$$

При расчете трансформатора с броневым магнитопроводом из пластин типа Ш при $f_с=50$ Гц и $P_{тр}\leqslant 1$ кВ·А обычно принимают амплитуду магнитной индукции $B_m=1{,}2$ *Т*. При этом

$$P_{тр}=1{,}3SchJ\eta_{тр}\beta_0. \qquad (7\text{-}3)$$

Для трансформатора из пластин типа УШ допускают $B_m=1{,}35$ Т и определяют $P_{тр}$ по той же формуле, заменяя коэффициент 1,3 на 1,5. Для ленточного витого магнитопровода допускают $B_m=1{,}6$ Т и в формулу (7-3) подставляют коэффициент 1,8.

Приводимые в табл. 10-61 и 10-62 значения типовых мощностей P_{50} соответствуют частоте питающего тока 50 Гц, указанным в этих же строках таблиц плотностям тока J_{50}, при которых температура перегрева обмоток не превышает 50 °С, и коэффициенту заполнения окна медью $\beta_0=0{,}35$ для сердечников из пластин УШ26 — УШ40 и $\beta_0=0{,}25$ для сердечников остальных типов.

Расчет трансформатора питания можно произвести с помощью формуляра (табл. 7-8) и данных из табл. 10-61 и 10-62.

Таблица 7-8

Формуляр расчета трансформаторов питания

Параметр	Расчетное соотношение	Номер формулы
$P_{тр}$, В·А	$k_4E_{II}I_{II}+\frac{U_{III}I_{III}+U_{IV}I_{IV}}{\eta_{тр}}$	1
$P_с$, Вт	$k_5E_{II}I_{II}+\frac{U_{III}I_{III}+U_{IV}I_{IV}}{\eta_{тр}}$	2
Первичная обмотка по схеме на рис. 7-13		
$I_{I,\,а,\,б,\,в,\,г}$, А	$P_с/220$	3
$w_{Iа}$, $w_{Iв}$, витки	$110N_I$	4
$w_{Iб}$, $w_{Iг}$, витки	$17N_I$	5

Параметр	Расчетное соотношение	Номер формулы
Первичная обмотка по схеме на рис. 7-14		
$I_{Iб}$, А	$P_с/127$	6
$I_{Iа}$, А	$P_с/220$	7
$w_{Iб}$, витки	$127N_I$	8
$w_{Iа}$, витки	$93N_I$	9
Вторичные обмотки		
w_{II}, витки	$E_{II}\frac{N_I+N_{II}}{2}$	10
w_{III}, витки	$U_{III}N_{II}$	11а
w_{IV}, витки	$U_{IV}N_{II}$	11б

1) типовая мощность трансформатора должна быть не менее найденной по формуле (1), где E_{II} и I_{II} — действующие значения э. д. с. и тока обмотки, нагруженной на вентили (для схем по рис. 7-2 и 7-9 они

4) числа витков в секциях первичной обмотки определяем по формулам (4), (5), (8) и (9), подставляя в эти формулы числа витков N_I на 1 В для магнитопровода выбранного типа;

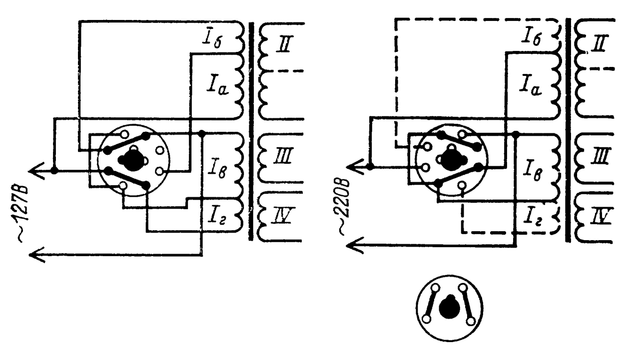


Рис. 7-13.

относятся к каждой половине обмотки); U_{III}, U_{IV}, I_{III}, I_{IV} — действующие значения напряжений и токов других обмоток, например обмоток накала; $\eta_{тр}$ — к. п. д. трансформатора. Для трансформаторов к выпрямителям, выполненным по схемам на рис. 7-2 и 7-9, $k_4 = 1{,}7$ и для трансформаторов к выпрямителям по всем другим приведенным выше схемам $k_4 = 1$.

Выбрав по табл. 10-61 или 10-62 магнитопровод с типовой мощностью P_{50} не менее вычисленной по формуле (1) из табл. 7-8, выписы-

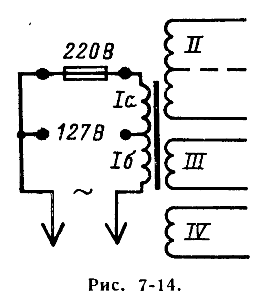


Рис. 7-14.

ваем из табл. 10-61 или 10-62 необходимые для дальнейшего расчета трансформатора величины: плотность тока J_{50} и количества витков обмоток N_I и N_{II} на 1 В;

2) мощность, потребляемая трансформатором из сети при полной расчетной нагрузке вторичных обмоток, определяется формулой (2). Если трансформатор должен работать на выпрямитель по схеме на рис. 7-2 или 7-9, то $k_5 = 1{,}4$, а при выпрямителях по всем другим приводимым выше схемам $k_5 = 1$;

3) наибольшие значения токов в секциях первичной обмотки вычисляем по формулам (3), (6), (7). По величине этих токов и допускаемой плотности тока J_{50} определяем диаметры проводов секций с помощью номограммы на рис. 10-55;

5) числа витков вторичных обмоток трансформатора определяем по формулам (10)—(11б);

6) диаметры проводов обмоток находим с помощью номограммы на рис. 10-55.

7-4. ТРАНЗИСТОРНЫЕ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ НАПРЯЖЕНИЯ

Выбор схемы преобразователя

От батарей или иных источников постоянного тока низкого напряжения (4—30В) с помощью транзисторных преобразователей напряжения получают переменные несинусоидальные напряжения, в результате выпрямления которых полупроводниковыми диодами имеют более высокие постоянные напряжения.

В простейшем преобразователе переменное несинусоидальное напряжение вырабатывает релаксационный транзисторный автогенератор с трансформаторной обратной связью. Транзисторы автогенераторов работают в режиме переключения с частотой переключения в несколько сотен или тысяч герц от действия импульсов, поступающих в периодической последовательности в цепи баз с обмотки обратной связи трансформатора автогенератора. Чаще всего применяют автогенераторы по двухтактной схеме (рис. 7-15 и 7-16).

При напряжении батареи 4—10 В к. п. д. транзисторного преобразователя составляет 0,6—0,7 при напряжении 12—30 В — 0,75—0,9.

Для увеличения отдаваемой мощности в каждое плечо автогенератора можно включать параллельно по два транзистора и более.

При напряжении батареи до 12—15 В транзисторы автогенератора целесообразно включать по схеме ОК (рис. 7-16), так как при этом коллекторы транзисторов гальванически соединены между собой и их можно

монтировать на общем радиаторе, не изолируя один от другого и от радиатора.

С делителя напряжения R_1, R_2 через обмотку обратной связи *III* на базу транзистора подается начальное отрицательное сме-

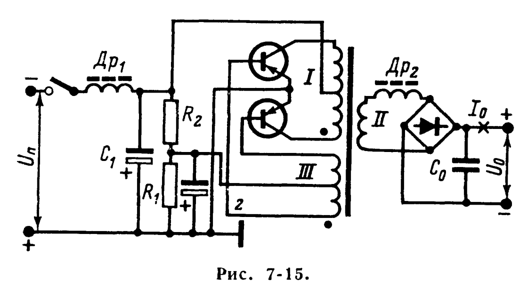


Рис. 7-15.

щение, облегчающее возникновение колебаний в автогенераторе при включении на него питания.

Вследствие несинусоидальности напряжений и токов в цепях преобразователей

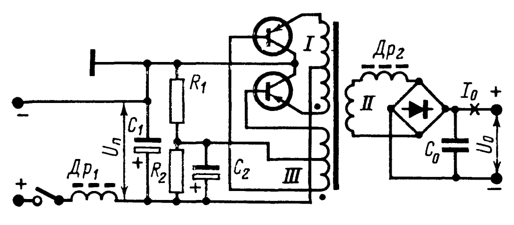


Рис. 7-16.

они создают помехи радиоприему в широком спектре частот. Помехи эти устраняют экранированием преобразователей и последовательным включением в их входные и выходные цепи высокочастотных дросселей с индуктивностью по 40—60 мкГ и конденсаторов.

Конструкции трансформаторов

Магнитопроводы. Используя в трансформаторе магнитопровод из электротехнической стали, можно иметь частоту переключения $f \leq 1$ кГц; для магнитопровода из пластин толщиной 0,2 — 0,35 мм допускают $B_m = 0{,}6 \div 0{,}8$ Т и для витого разрезного магнитопровода 0,9 —1Т. Применяя ферритовый магнитопровод частоту переключения можно повысить до 2—3 кцГ и тем самым уменьшить размеры трансформатора и емкости конденсаторов в фильтре выпрямителя. При еще более высоких частотах переключения к. п. д. преобразователя с мощными транзисторами заметно снижается вследствие роста потерь во время запирания транзисторов (потери, вызываемые в основном инерционностью рассасывания неосновных носителей у перехода). Поэтому применение частоты переключения свыше 3 кГц нецелесообразно. Наиболее распространены магнитопроводы из марганцово-цинковых ферритов с высокой магнитной проницаемостью, например марок 2000НМ, 3000НМ и др. Для них принимают $B_m = 0{,}2 \div 0{,}3$ Т.

Необходимо иметь в виду, что магнитная индукция и частота являются взаимосвязанными величинами и их значения в изготовленном преобразователе напряжения установятся автоматически, причем они могут несколько отличаться от заданных.

Обмотки. Первой наматывают обмотку *I*, поверх ее обмотку *III* и, наконец, обмотку *II*. В преобразователях с двухтактными автогенераторами для уменьшения рассеяния магнитного потока обе половины обмотки *I* наматывают в слой одновременно (сложенным вдвое проводом). Средняя точка обмотки образуется соединением начала одного провода с концом другого. Подобным же образом наматывают и обмотку *III*.

Расчет преобразователя

Исходные данные для расчета: 1) постоянная составляющая выпрямленного тока I_0, равная сумме токов, потребляемых всеми нагрузками преобразователя; 2) постоянная составляющая напряжения на входном конденсаторе C_0 сглаживающего фильтра (выбирается с учетом падения напряжения на дросселе и резисторах сглаживающего фильтра); 3) допустимый коэффициент пульсации v_0 на конденсаторе C_0 (с учетом сглаживающего действия фильтра); 4) напряжение $U_п$ первичного источника постоянного тока.

Кроме того, ориентировочно выбирается частота переключения автогенератора f.

При расчете преобразователя следует иметь в виду, что форма переменных напряжений на обмотках трансформатора схемы с двухтактным генератором приближается к прямоугольной, и поэтому действующие значения напряжений этих обмоток можно считать равными амплитудным значениям; при нагрузке обмотки *II* схемы с двухтактным генератором на активное сопротивление, а также на выпрямитель по мостовой схеме или по схеме с удвоением напряжения действующее значение тока этой обмотки практически равно амплитудному значению тока I_{IIm}. Так как прямое сопротивление полупроводниковых вентилей невелико и падением напряжения на них можно пренебречь, напряжение на входном конденсаторе фильтра $U_0 \approx U_{II\,m}$; при этом ток нагрузки преобразователя $I_0 \approx I_{II\,m}$.

Расчет преобразователя выполняют по формуляру (табл. 7-9) в следующем порядке:

1) по заданным значениям P_0 и напряжения питания $U_п$ выбираем тип транзистора, удовлетворяющий условиям (1) и (3);

2) приняв минимальное значение статического коэффициента передачи тока выбранного типа транзистора при большом сигнале $h_{21Э}$, с помощью формул (4) и (5) проверяем соответствие транзистора по допустимой величине тока базы;

3) если для транзисторов намеченного к применению типа крутизна переходной характеристики S не нормируется, то требуемую для подстановки в формулу (7а) или (7б) величину $U_{б.\,эm}$ находим по характеристикам транзистора;

Таблица 7-9

Формуляр расчета двухтактных транзисторных преобразователей напряжения с выпрямителями по мостовой схеме

Параметр	Расчетные соотношения	Номер формулы
$U_{к.\,б.\,макс}$ не менее, В	$2{,}5\ U_п$	1
$I_{кm}$, А	$\frac{P_0}{U_п - U_{к.\,н}}$	2
$I_{к.\,макс}$ не менее, А	$1{,}1\ I_{кm}$	3
$I_{бm}$, А	$\frac{1{,}5\ I_{кm}}{h_{21Э}}$	4
$I_{б.\,макс}$ не менее, А	$1{,}1\ I_{бm}$	5
$U_{б.\,э.\,m}$, В	$I_{кm}/S$	6
$U_{IIIm0э}$, В	$(2 \div 4)\ U_{б.\,эm}$	7а
$U_{IIIm0к}$, В	$(2 \div 4)\ U_{б\ эm} + U_п$	7б
$S_{тр}$ не менее, см^2	$10\sqrt{\frac{P_0}{fB_m}}$	8
w_I	$\frac{5\,000\ (U_п - U_{к.\,н})}{fB_m\ S_{тр}}$	9
w_{II}	$\frac{w_I U_0}{U_п - U_{к.н}}$	10
w_{III}	$\frac{w_I U_{III\,m}}{U_п - U_{к.н}}$	11
I_I, А	$0{,}7\ I_{кm}$	12
I_{II}, А	I_0	13
I_{III}, А	$0{,}7\ I_{бm}$	14
R_1, Ом	$\frac{(2 \div 3)\ U_{б.\,эm}}{I_{бm}}$	15
R_2, Ом	$\left(\frac{U_п}{U_{б.\,эm}} - 1\right) R_1$	16
C_0 не менее, мкФ	$\frac{2 \cdot 10^4 I_0}{f v_0 U_0}$	17
C_1, C_2, мкФ	$\frac{10^5 I_I}{U_п f}$	18

4) определяем требуемое сечение магнитопровода трансформатора $S_{тр}$ по формуле (8) и числа витков его обмоток — по формулам (9)—(11).

Если в преобразователе будет применен выпрямитель с удвоением напряжения, то полученное по формуле (10) число витков нужно уменьшить вдвое;

5) диаметры проводов обмоток трансформатора находят, как указано на стр. 377, исходя из действующих значений токов, вычисленных по формулам (12)—(14), и допускаемой плотности тока для сердечника выбранного размера согласно табл. 10-61 и 10-62.

6) минимальную емкость конденсатора C_0 определяем по формуле (17), принимая для электролитического конденсатора $v_0 \leqslant 1{,}2/f$, а для бумажного или металлобумажного конденсатора $v_0 \leqslant 0{,}025$ при $f \leqslant 1\,000$ Гц и $v_0 \leqslant 0{,}01$ при $f > 1\,000$ Гц.

Частота колебаний автогенератора может отличаться от выбранной. Поэтому рекомендуется ее измерить на изготовленном автогенераторе и при расчете емкости конденсатора C_0 принять фактическое значение полученной частоты.

Дальнейшее снижение пульсаций выпрямленного напряжения осуществляется сглаживающим RC-или LC-фильтром (на схемах рис. 7-15 и 7-16 не показан), расчет которого производится, как указано в § 7-5.

7-5. СГЛАЖИВАЮЩИЕ ФИЛЬТРЫ

Выбор типа фильтра

Сглаживающие фильтры используют в устройствах питания от электросети и в транзисторных преобразователях напряжения.

Таблица 7-10

Допустимые пульсации питающих напряжений

Назначение каскадов	$v_{доп}$
Приемно-усилительные устройства *	
Каскады УВЧ и УПЧ, преобразователи частоты, промежуточные каскады УНЧ	10^{-5}—10^{-3}
Входные каскады УНЧ приемников и электрофонов	10^{-6}—10^{-4}
Входные каскады УНЧ магнитофонов	10^{-7}—10^{-6}
Однотактные оконечные каскады УНЧ в режиме А и двухтактные в режимах В и АВ:	
а) анодные или коллекторные цепи	$5 \cdot 10^{-4}$—$2 \cdot 10^{-3}$
б) цепи экранирующих сеток	10^{-4}—10^{-3}
Двухтактные оконечные каскады УНЧ в режиме А	$5 \cdot 10^{-3}$—$5 \cdot 10^{-2}$
Передатчики **	
Задающие генераторы	10^{-6}—10^{-5}
Промежуточные каскады УВЧ, умножения частоты и модуляторы	10^{-4}—$5 \cdot 10^{-3}$
Мощные усилительные линейные каскады	$5 \cdot 10^{-4}$—$5 \cdot 10^{-3}$

* Меньшие значения $v_{доп}$ соответствуют устройствам с более высокими качественными показателями.

** Меньшие значения $v_{доп}$ относятся к работе передатчиков в телефонном режиме.

Простейший однозвенный сглаживающий *RC*- или *LC*-фильтр (рис. 7-17, *а*, *в*) применяют, когда нужно выпрямленное напряжение одной величины.

Для питания многокаскадного усилителя, радиоприемника, передатчика требуется несколько напряжений различной величины с различными допустимыми коэффициентами пульсации (табл. 7-10). В коллекторной (анодной) цепи оконечного (выходного) каскада обычно расходуется бо́льшая часть выпрямленного тока при наибольшем значении напряжения, а пульсации его могут быть относительно большими, так как возникающее в этом каскаде напряжение фона дальнейшему усилению не подвергается. Напряжение для питания коллекторной (анодной) цепи двухтактного оконечного НЧ каскада можно снимать с входного конденсатора (конденсаторов) сглаживающего фильтра, выбирая его емкость по величине допустимого коэффициента пульсации на основании формулы (14) из табл. 7-5 или (17) из табл. 7-9.

Предыдущие каскады работают при меньших напряжениях и токах питания. Первый каскад УНЧ требует питающего напряжения с тем меньшими пульсациями, чем больше усиление всех последующих каскадов; возникающее в первом каскаде напряжение фона усиливается всеми последующими каскадами. Для промежуточных каскадов допустимы напряжения питания с бо́льшими коэффициентами пульсации, чем для первого каскада, но меньшими, чем для оконечного.

По этим причинам сглаживающий фильтр выпрямителя многокаскадного устройства делают многозвенным, питая первый усилительный каскад (или несколько каскадов) через все его звенья и подавая напряжения на остальные каскады с промежуточных конденсаторов фильтра.

Если суммарное значение выпрямленного тока (исключая ток на нагрузку, подключенную к входному конденсатору фильтра) не превышает 0,1 А, то фильтр целесообразно составлять полностью из *RC*-звеньев. При этом для уменьшения потерь мощности выпрямленного тока в фильтре и улучшения развязки между каскадами ВЧ и НЧ части приемников и радиол целесообразно питать через раздельные цепочки *RC*-звеньев.

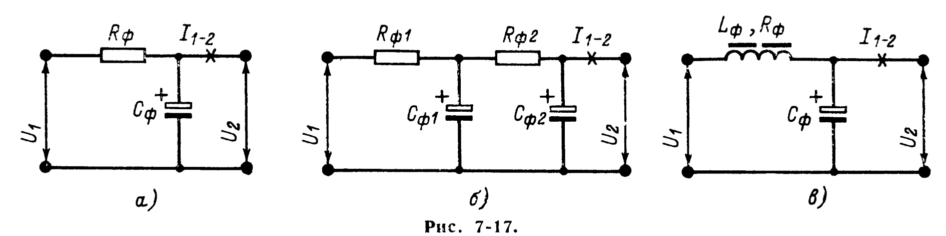


Рис. 7-17.

Типичная схема многозвенного *RC*-фильтра ламповой радиолы показана на рис. 7-18. Здесь напряжение 260 В питает цепь анода и экранирующей сетки оконечного каскада УНЧ; напряжение 230 В при токе 6 мА — анодные цепи каскадов предварительного усиления НЧ и электронно-светового индикатора настройки; напряжение 230 В при токе 24 мА — цепи анодов и сеток всех каскадов ВЧ части радиолы; с делителя напряжения 470 кОм/47 кОм подается положительное смещение 20 В на подогреватели ламп детектора и каскадов предварительного усиления НЧ, что снижает фон, наводимый цепями накала.

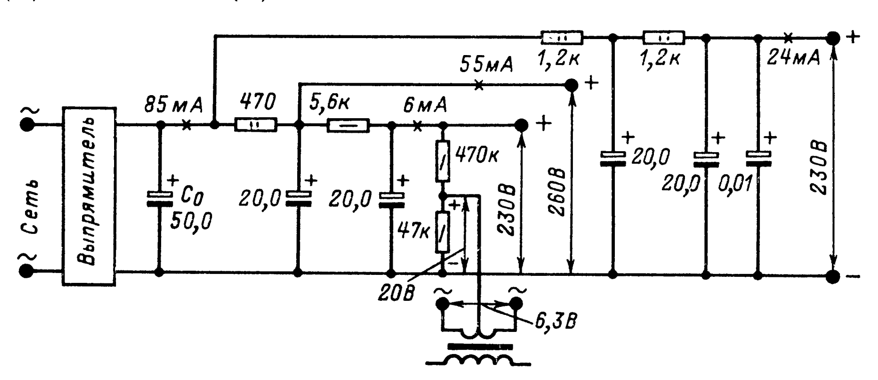


Рис. 7-18.

При величине выпрямленного тока более 0,1 А первое звено фильтра после входного конденсатора должно быть *LC*-типа, а последующие — *RC*-типа.

Типичная схема сглаживающих фильтров блока питания унифицированного лампового телевизора класса III приведена на рис. 7-19. В этой схеме выпрямленные напряжения используются: 260 В для пита-

ния оконечных каскадов строчной развертки и видеоусилителя; 250 В для задающего генератора строчной развертки, селектора синхронизирующих импульсов и каскада предварительного усиления НЧ; 235 В для оконечного каскада УНЧ; 150 В для ПТК, УПЧИ, УПЧЗ.

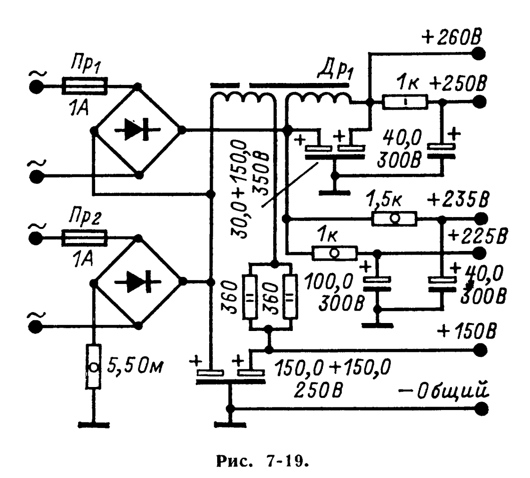


Рис. 7-19.

Если оконечный каскад УНЧ работает в режиме В (АВ), то при изменениях выходной мощности выпрямленные напряжения колеблются. Для уменьшения колебаний питающих напряжений каскадов предварительного усиления их целесообразно питать через диодно-емкостный фильтр (см. рис. 7-22), диод которого препятствует разряду конденсатора C_2 на коллекторную (анодную) цепь оконечного каскада, подключенную к конденсатору C_1, в моменты снижения напряжения на этой цепи.

Параметры сглаживающих фильтров

Падение напряжения на фильтре (звене фильтра) равно разности постоянных составляющих на его входе и выходе; для фильтра, состоящего из цепочки последовательно включенных звеньев, — сумме падений напряжения на каждом из звеньев.

Коэффициент пульсации напряжения на входе фильтра (звена) — отношение амплитуды первой гармоники переменной составляющей напряжения на входе фильтра (звена) к его постоянной составляющей.

Коэффициент пульсации напряжения на выходе фильтра (звена) — отношение амплитуды первой гармоники переменной составляющей напряжения на выходе фильтра (звена) к его постоянной составляющей.

Коэффициент сглаживания — величина, показывающая во сколько раз фильтр (звено фильтра) ослабляет первую гармонику переменной составляющей выпрямленного напряжения; другими словами, он представляет собой отношение амплитуд переменной составляющей напряжения на входе и выходе фильтра (звена).

Коэффициент сглаживания звена

$$s = \frac{v_1 U_1}{v_2 U_2}, \qquad (7\text{-}4)$$

где U_1, U_2 — постоянные составляющие напряжений на входе и выходе звена; v_1, v_2 — коэффициенты пульсаций этих напряжений.

Коэффициент сглаживания фильтра, состоящего из цепочки последовательно включенных звеньев, равен произведению коэффициентов сглаживания всех звеньев.

Расчет *RC*- и *LC*-звеньев

Расчет сглаживающего фильтра сводится к вычислению сопротивления резистора $R_ф$ (либо индуктивности $L_ф$ и сопротивления постоянному току обмотки дросселя $R_ф$) и емкости конденсатора $C_ф$ каждого из его звеньев (рис. 7-17), начиная с первого от входа фильтра, для которого принимают $U_1 = U_0$ и $v_1 = v_0$. Постоянную составляющую напряжения и коэффициент пульсации на входе каждого последующего звена принимают равными постоянной составляющей напряжения U_2 и коэффициенту пульсации v_2 на выходе предыдущего звена. Значения $v_2 = v_{доп}$ можно взять из табл. 7-10.

При расчете фильтра к однофазному выпрямителю переменного тока частотой 50 Гц (рис. 7-1) принимают частоту пульсации $f_п = f_с = 50$ Гц, а к выпрямителям по остальным схемам, приводимым в § 7-1, $f_п = 2 f_с = 100$ Гц (фильтр, подключенный к конденсатору $C_{0(2)}$, в схеме на рис. 7-6 рассчитывают на $f_п = 50$ Гц).

После вычисления по формуле (7-4) требуемого значения s производится расчет фильтра по формуляру (табл. 7-11):

1) вычисляется по формуле (1) сопротивление $R_ф$; в случае *RC*-звена для дальнейшего расчета принимается ближайшая меньшая стандартная номинальная величина сопротивления. Допустимое отклонение ее должно быть не более ±10%;

2) минимально необходимая емкость конденсатора *RC*-звена вычисляется по формуле (2) и выбирается конденсатор с ближайшей большей номинальной емкостью и номинальным напряжением не менее 1,2 U_2;

3) если емкость получается чрезмерно большой, то рекомендуется применить два *RC*-звена (рис. 7-17, *б*); сопротивление каждого из его резисторов вычисляется по формуле (3), а затем емкость каждого конденсатора по формуле (4);

4) при расчете *LC*-звена можно задаться индуктивностью дросселя $L_ф$ (если, например, предполагается использовать готовый дроссель) либо емкостью конденсатора $C_ф$. Используя формулу (5) или (6), вычисляем минимально необходимую емкость конденсатора или индуктивность дросселя. Номинальное напряжение конденсатора должно быть не менее 1,2 U_2.

Таблица 7-11

Формуляр расчета *RC*- и *LC*-звеньев сглаживающего фильтра

Параметр	Расчетные соотношения	Номер формулы
$R_ф$, Ом	$\frac{U_1-U_2}{I_{1-2}}$	1*
Резистивно-емкостный фильтр, одно звено (рис. 7-17, а)		
$C_ф$ не менее, мкФ	$\frac{200\cdot 10^3 s}{R_ф f_п}$	2
Резистивно-емкостный фильтр, два звена (рис. 7-17, б)		
$R_{ф1}\approx R_{ф2}$, Ом	$R_ф/2$	3
$C_{ф1}$, $C_{ф2}$, не менее, мкФ	$\frac{200\cdot 10^3 \sqrt{s}}{(R_{ф1}+R_{ф2})f_п}$	4
Индуктивно-емкостный фильтр, одно звено (рис. 7-17, в)		
$C_ф$ не менее, мкФ	$\frac{30\cdot 10^3 s}{L_ф f_п^2}$	5
$L_ф$ не менее, Г	$\frac{30\cdot 10^3 s}{C_ф f_п^2}$	6

* В формулу подставляется значение постоянной составляющей тока I_{1-2} данного звена; если ее величину выразить в миллиамперах, то $R_ф$ получится в килоомах.

Конструктивный расчет дросселя

Постоянное подмагничивание замкнутого сердечника дросселя сглаживающего фильтра, создаваемое током в его обмотке, настолько велико, что сердечник находится в состоянии насыщения или близком к нему. Это затрудняет получение требуемой индуктивности при приемлемых размерах дросселя с замкнутым сердечником. Необходимую индуктивность при существенно меньших размерах сердечника можно получить, выполнив его с зазором в виде прокладки из картона, бумаги или иного немагнитного материала.

Исходными данными для конструктивного расчета дросселя с подмагничиванием являются: 1) индуктивность $L_ф$; 2) величина постоянной составляющей тока в обмотке I_{1-2} (если она будет при эксплуатации изменяться — максимальная величина тока); 3) частота пульсации тока $f_п$; 4) сопротивление обмотки постоянному току $R_ф$.

Путем расчета нужно выбрать тип сердечника, определить величину немагнитного зазора $l_з$, число витков обмотки и диаметр ее провода d.

Таблица 7-12

Формуляр расчета дросселя с подмагничиванием

Параметр	Расчетные соотношения	Номер формулы
$P_{др}$, В·А	$6{,}3 f_п L_ф I_{1-2}^2$	1
P_{50} не менее, В·А	$\frac{3{,}5 P_{др}}{\sqrt{f_п}}$	2
	$\frac{c h l_в J_{50}^2}{R_ф I_{1-2}} \geqslant 2{,}5\cdot 10^4$	3
k_w	$\frac{S l_м}{L_ф I_{1-2}^2}$	4
$w_{др}$	$A_w \sqrt{\frac{L_ф l_м}{S}}$	5
A_w	Согласно номограмме на рис. 7-20	
$l_з$, мм	$8\cdot 10^{-4} w_{др} I_{1-2}$	6

Расчет производится по формуляру (табл. 7-12):

1) определяется типовая мощность дросселя $P_{др}$ по формуле (1);

2) выбирается по табл. 10-61 или 10-62 сердечник, удовлетворяющий условию (2), с соответствующими ему данными c, h, S, $l_в$, $l_м$, J_{50};

3) проверяется с помощью формулы (3) возможность размещения в окне выбранного сердечника обмотки с заданным сопротивлением $R_ф$. Если это неравенство не выполняется, то следует применить сердечник большего размера;

4) по формуле (4) находится вспомогательный коэффициент k_w, с помощью номограммы на рис. 7 20 определяются величина A_w и по формуле (5) число витков обмотки;

5) по номограмме на рис. 10-55 вычисляется диаметр провода и выбирается провод с ближайшим большим стандартным диаметром;

6) определяется по формуле (6) толщина немагнитной прокладки в зазоре сердечника $l_з$. Если по расчету получается $l_з <$ $< 0{,}1$ мм, то части сердечника собирают встык без прокладки.

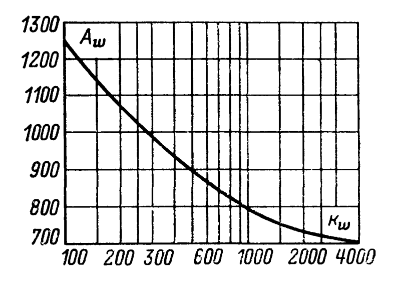


Рис. 7-20.

Расчет звена фильтра с транзистором

Сглаживающий фильтр этого типа состоит из транзистора и RC-звена, через которое подается смещение на базу транзистора (рис. 7-21). Через выводы эмиттера и коллектора проходит весь ток, пульсации которого нужно сгладить. Падение напряжения между эмиттером и коллектором транзистора того же порядка, как величина падения напряжения на обмотке дросселя при токе 0,1—0,5 А.

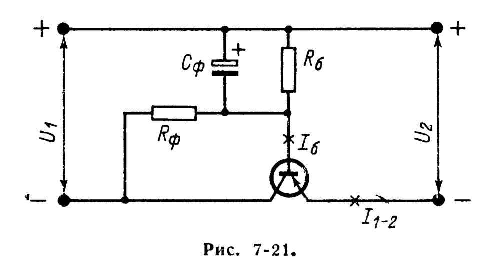


Рис. 7-21.

Вместе с тем транзистор имеет значительно меньшие размеры и вес по сравнению с равноценным по действию дросселем. Существенным недостатком транзисторного фильтра является то, что транзистор обычно выходит из строя при коротком замыкании на выходе фильтра.

Таблица 7-13

Формуляр расчета транзисторного фильтра

Параметр	Расчетное соотношение	Номер формулы
v_1 не более	$\frac{(0{,}6 \div 0{,}8)\, U_{к.\,э}}{U_1}$	1
$I_{к.\,макс}$ не менее, А	$(2 \div 3)\, I_{1-2}$	2
$P_{к.\,макс}$ не менее, Вт	$1{,}2\, U_{к.\,э} I_{1-2}$	3
$I_б$, А	$I_{1-2}/h_{21Э}$	4
$R_б$, Ом	$(0{,}2 \div 0{,}3)\, U_2/I_б$	5*
$R_ф$, Ом	$\frac{U_{к.\,э}}{I_б + \frac{U_2}{R_б}}$	6*
$C_ф$ не менее, мкФ	$\frac{200 \cdot 10^3 s\,(R_ф + r_{к.\,э})}{f_п R_ф r_{к.\,э}}$	7

* Сопротивления резисторов $R_б$ и $R_ф$ получаются в килоомах, если ток базы $I_б$ выразить в миллиамперах.

Для расчета звена фильтра с транзистором, как и звеньев, рассмотренных выше типов, задаются током I_{1-2}, постоянными составляющими входного U_1 и выходного U_2 напряжений и допускаемым коэффициентом пульсации напряжения v_2 на выходе фильтра.

При использовании в фильтре транзистора большой мощности принимают $U_{к.\,э} = U_1 - U_2 \approx 3 \div 4$ В для значений $U_2 < 30 \div 40$ В и $U_{к.\,э} = U_1 - U_2$ до 10 В при $U_2 = 100 \div 200$ В. Увеличение $U_{к.\,э}$ при всех прочих равных условиях ведет к увеличению коэффициента сглаживания, но снижает к. п. д. фильтра. При выбранном значении $U_{к.\,э}$, коэффициент пульсации напряжения на входе фильтра v_1 не должен превышать значения, определяемого выражением (1) в табл. 7-13.

Для применения в фильтре пригодны транзисторы, удовлетворяющие соотношениям (2) и (3).

Расчет остальных компонентов фильтра осуществляется в следующем порядке:

1) вычисляют величину тока базы транзистора по формуле (4), подставляя в нее минимальное значение коэффициента передачи тока $h_{21Э}$ транзистора;

2) определяют сопротивления резисторов $R_б$ и $R_ф$ по формулам (5) и (6) и принимают ближайшие стандартные номинальные значения;

3) вычисляют по формуле (7-4) требуемое значение коэффициента сглаживания и, подставляя его в формулу (7) из табл. 7-13, находят минимально необходимую емкость конденсатора $C_ф$. В этой формуле $r_{к.\,э}$ — динамическое выходное сопротивление транзистора при данном значении тока коллектора $I_к \approx I_{1-2}$;

4) номинальное напряжение конденсатора $C_ф$ должно быть не менее 1,2 U_2.

Расчет звена фильтра с полупроводниковым диодом

Падение постоянной составляющей выпрямленного напряжения на звене сглаживающего фильтра с полупроводниковым диодом (рис. 7-22) не превышает 1 В. В фильтре

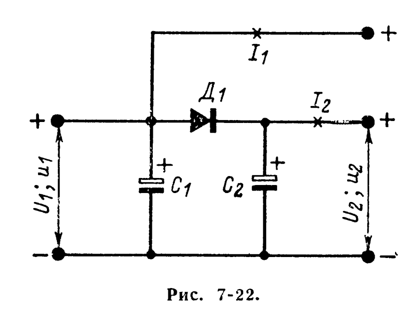


Рис. 7-22.

используют плоскостной или точечный диод с предельно допускаемым током, в 2—3 раза большим величины тока нагрузки I_2, питаемой через звено. Если $I_2 \ll I_1$, то емкость конденсатора C_2, при которой коэффициент пульсации напряжения v_2 не превышает заданного значения v_2, можно определить по эмпирической формуле

$$C_2 = \frac{500\, I_2\,[мА]}{v_2 U_2 f_п} - C_1,\ мкФ.$$

7-6. СТАБИЛИЗАТОРЫ НАПРЯЖЕНИЯ

Общие сведения

Стабильность питающих напряжений улучшают с помощью стабилизаторов переменного напряжения (при питании бытовой и радиолюбительской аппаратуры наиболее распространены феррорезонансные стабилизаторы) и стабилизаторов постоянного (выпрямленного) напряжения на газоразрядных стабилизаторах, полупроводниковых диодах и транзисторах. В системах с питанием от электросети стабилизаторы последнего вида, кроме того, сглаживают пульсации выпрямленных напряжений.

С помощью стабилизаторов на газоразрядных приборах можно получить стабильные напряжения $U_{ст} = 70 \div 160$ В при токах до 10—20 мА; их применяют преимущественно для стабилизации анодных и сеточных напряжений задающих генераторов, гетеродинов и других каскадов с электронными лампами, режимы питания которых особо важно поддерживать постоянными.

Стабилизаторы на кремниевых диодах, дающие напряжения повышенной устойчивости от нескольких вольт до нескольких сотен вольт, используют для стабилизации питающих напряжений каскадов как с транзисторами, так и с электронными лампами.

Величина напряжения на выходе стабилизатора второй группы зависит исключительно от примененного в нем стабилитрона, и, следовательно, в каждом конкретном случае величину стабилизированного напряжения на нагрузке приходится выбирать, исходя из характеристик стабилитронов, выпускаемых промышленностью. При этом необходимо иметь в виду, что у различных экземпляров стабилитронов одного и того же типа величины $U_{ст}$ несколько различаются. Возможно получение большего выходного напряжения путем последовательного включения двух или большего числа стабилитронов.

Транзисторные стабилизаторы напряжения применяют преимущественно для стабилизации относительно больших мощностей постоянного тока, например при питании транзисторных УНЧ, телевизоров и т. п.

Параметры стабилизаторов напряжения

Коэффициент стабилизации напряжения $k_{ст}$ показывает, во сколько раз стабилизатор уменьшает колебания питающего напряжения; определяется как отношение относительного приращения напряжения, поступающего на стабилизатор $U_п$, к относительному приращению напряжения $U_{нагр}$ на нагрузке стабилизатора при неизменном токе нагрузки, т. е.

$$k_{ст} = \frac{\Delta U_п\,[\%]}{\Delta U_{нагр}\,[\%]} = \frac{\Delta U_п[В]/U_п\,[В]}{\Delta U_{нагр}\,[В]/U_{нагр}\,[В]}.$$

Для стабилизатора переменного напряжения $U_п$ соответствует напряжению сети, а $U_{нагр}$ — напряжению, поступающему со стабилизатора на нагрузку. Для стабилизатора постоянного напряжения $U_п$ соответствует напряжению, получаемому от выпрямителя, а $U_{нагр}$ — напряжению, которое подается со стабилизатора на каскады аппаратуры.

Номинальное выходное напряжение $U_{нагр}$ — это расчетная величина стабилизированного напряжения, поступающего на нагрузку.

Номинальное входное напряжение $U_п$. Для феррорезонансного стабилизатора — это номинальное напряжение сети переменного тока, а для стабилизатора постоянного напряжения — напряжение, поступающее на него от выпрямителя при номинальном значении напряжения в питающей электросети.

Относительные отклонения величины входного напряжения в сторону увеличения $\delta_в$ и в сторону уменьшения $\delta_н$, выражаемые в виде десятичных дробей (или в процентах), при которых сохраняется достаточный коэффициент стабилизации напряжения:

$$U_{п.макс} = U_п\,(1 + \delta_в);$$
$$U_{п.мин} = U_п\,(1 - \delta_н).$$

В системах с питанием от электросети можно считать, что постоянное напряжение на входе стабилизатора (выпрямленное напряжение) изменяется практически пропорционально изменениям напряжения в электросети.

Номинальная выходная мощность $P_{нагр}$ — наибольшая мощность на нагрузке стабилизатора, которую он может обеспечить, не перегружаясь при регламентированном значении $k_{ст}$.

К. п. д. стабилизатора $\eta_{ст}$ — отношение мощности, потребляемой от стабилизатора нагрузкой, к мощности, поступающей на стабилизатор.

Температурный коэффициент напряжения (ТКН) θ характеризует степень постоянства напряжения на выходе стабилизатора при изменениях температуры

$$\theta = \frac{\Delta U_{нагр}}{\Delta t}.$$

Выходное дифференциальное сопротивление стабилизатора $r_{вых}$ — параметр, характеризующий чувствительность стабилизатора к изменениям величины тока нагрузки; определяется как отношение изменения выходного напряжения стабилизатора к изменению тока нагрузки при неизменной величине входного напряжения, т. е.

$$r_{вых} = \frac{|\Delta U_{нагр}|}{|\Delta I_{нагр}|}.$$

Простейшие стабилизаторы постоянного напряжения

В простейшем стабилизаторе стабилизированное напряжение $U_{нагр}$ получается на зажимах полупроводникового или газоразрядного стабилитрона, на который подается от источника питания напряжение $U_п$ через

резистор R_1 (рис. 7-23). Действие этих схем основано на том, что при значительных изменениях величины тока $I_{ст}$ через стабилитрон напряжение на его зажимах $U_{нагр} \approx \approx U_{ст}$ мало изменяется.

Так как радиолюбителю доступны обычно кремниевые и газоразрядные стабилитроны и стабисторы ограниченного ассортимента, то расчет приходится вести, исходя из параметров и допустимых режимов того или иного

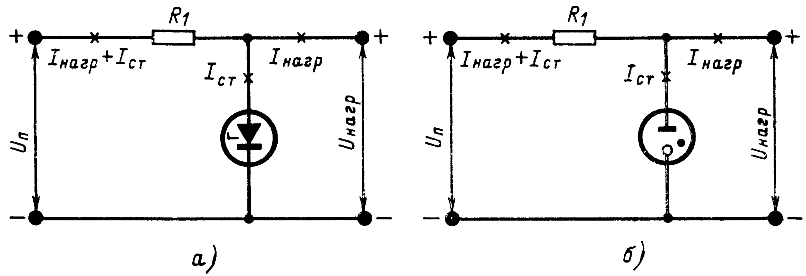


Рис. 7-23.

Расчет стабилизаторов. Исходные данные: 1) напряжение на нагрузке $U_{нагр}$; 2) предельные величины тока нагрузки $I_{н.\,мин}$ и $I_{н.\,макс}$; 3) наибольшие ожидаемые отклонения $\delta_н$ и $\delta_в$ напряжения источника питания от его номинальной величины $U_п$. Последняя может быть задана, если стабилизатор подключается к источнику питания с известным напряжением, либо ее нужно вычислить, если источник питания проектируется одновременно со стабилизатором.

Расчетом нужно определить: 1) сопротивление резистора R_1 и максимальную величину рассеиваемой на нем мощности P_{R1}; 2) выходное сопротивление стабилизатора $r_{вых}$; 3) коэффициент стабилизации напряжения $k_{ст}$; 4) номинальное напряжение питания $U_п$, если оно не задано.

конкретного типа стабилитрона (стабистора). Предварительно по табл. 10-13, 10-25 или 10-26 выбираем стабилитрон (стабистор), напряжение стабилизации которого $U_{ст}$ возможно ближе к требуемой величине $U_{нагр}$, а его максимально допустимый ток стабилизации $I_{ст.\,макс} > I_{н.\,макс}$. Можно включить последовательно несколько стабилитронов, соблюдая условие

$$U_{нагр} = U_{ст\,1} + U_{ст\,2} + \dots + U_{ст\,n}$$

Расчет производят по формулам из табл. 7-14 в следующем порядке:

Таблица 7-14

Формуляр расчета стабилизатора напряжения с газоразрядным или полупроводниковым стабилитроном (стабистором)

Параметр	Расчетные соотношения	Номер формулы
	$\dfrac{U_п(1+\delta_в)-U_{нагр}}{U_п(1-\delta_н)-U_{нагр}}(I_{ст.\,мин}+I_{н.\,макс})-I_{н.\,мин}\leqslant 0{,}8\,I_{ст.\,макс}$	1
	$(0{,}8\,I_{ст.\,макс}+I_{н.\,мин})(1-\delta_н)-(I_{ст.\,мин}+I_{н.\,макс})(1+\delta_в)>0$	2
$U_п$, В	$U_{нагр}\dfrac{(0{,}8\,I_{ст.\,макс}+I_{н.\,мин})-(I_{ст\,мин}+I_{н.\,макс})}{(0{,}8I_{ст.\,макс}+I_{н.\,мин})(1-\delta_н)-(I_{ст.\,мин}+I_{н.\,макс})(1+\delta_в)}$	3
R_1, Ом	$\dfrac{U_{пит}\,(\delta_в+\delta_н)}{(0{,}8I_{ст.\,макс}+I_{н.\,мин})-(I_{ст.\,мин}+I_{н.\,макс})}$	4
P_{R1}, Вт	$\dfrac{[U_п\,(1+\delta_в)-U_н]^2}{R_1}$	5
$U_{в.р}$, В	$\dfrac{U_н U_п\,(1-\delta_п)}{U_{нагр}+R_1 I_{н.\,макс}}$	6
$r_{вых}$, Ом	$r_д m$	7
$k_{ст}$	$\dfrac{R_1 U_{нагр}}{r_{вых} U_п}$	8

1) убеждаются в пригодности намечаемого к применению типа стабилитрона (стабистора) при заданных пределах изменения тока нагрузки и напряжения питания. Если величина $U_п$ задана, то проверяют выполне-

ние условия (1); здесь $0{,}8I_{ст.макс}$ — значение тока через стабилитрон (стабистор) при максимальной величине питающего напряжения и при токе нагрузки $I_{н.мин}$. Когда же величина $U_п$ не задана, то проверяют выполнение условия (2).

Если неравенства (1) и (2) не выполняются, то нужно применить стабилитрон с большим током стабилизации $I_{ст.макс}$.

Если нагрузка от стабилизатора не будет отключаться и он будет работать на неизменную нагрузку, то в формулы подставляют $I_{н.макс} = I_{н.мин}$; когда же возможно отключение нагрузки при включенном питании, то подставляют $I_{н.мин} = 0$;

2) вычисляют номинальное напряжение $U_п$ по формуле (3);

3) вычисляют сопротивление резистора и наибольшую рассеиваемую на нем мощность по формулам (4) и (5). Выбирают резистор с ближайшими большими мощностью рассеивания и стандартным номинальным сопротивлением; отклонение последнего от номинальной величины не более $\pm 10\%$;

4) при расчете схемы на газоразрядном стабилитроне проверяют выполнение неравенства (6), где $U_{в\,р}$ — напряжение возникновения разряда в стабилитроне. Если оно не соблюдается, нужно увеличить $U_п$;

5) вычисляют выходное сопротивление стабилизатора и коэффициент стабилизации напряжения по формулам (7) и (8), где m — число последовательно включенных стабилитронов.

Динамическое сопротивление полупроводникового стабилитрона (стабистора) $r_д$ берут из табл. 10-25 или 10-26, а динамическое сопротивление газоразрядного стабилитрона находят по формуле

$$r_д = \frac{\Delta U_{ст}}{I_{ст.макс} - I_{ст.мин}}.$$

Величины $\Delta U_{ст}$, $I_{ст.макс}$ и $I_{ст.мин}$ берут из табл. 10-13 (чтобы получить $r_д$ в омах, величины токов стабилизации нужно выразить в амперах).

Транзисторные стабилизаторы напряжения

Наиболее распространены транзисторные стабилизаторы напряжения компенсационного типа. Основными частями такого стабилизатора является: 1) датчик стабилизированного напряжения, выполняемый обычно на основе кремниевого стабилитрона малой мощности, 2) регулирующий элемент на транзисторе и 3) транзисторный усилитель обратной связи.

Регулирующий транзистор может быть подключен выводами коллектора и эмиттера параллельно либо последовательно с нагрузкой. Схемы последнего вида (рис. 7-24 и 7-25) обладают лучшим к. п. д. и поэтому имеют почти исключительное применение в аппаратуре. Через регулирующий транзистор T_1, включенный последовательно с нагрузкой, проходит весь ток нагрузки $I_{нагр}$. При коротком замыкании нагрузки ток через этот транзистор достигает недопустимо большой величины и он, как правило, выходит из строя. Это — большой недостаток стабилизаторов последовательного типа.

При больших токах нагрузки для получения удовлетворительных значений коэффициента стабилизации в регулирующем элементе применяют составной транзистор (рис. 7-25) — два транзистора, коллекторы которых соединены вместе, а база мощного транзистора T_1, через который проходит ток нагрузки, соединена с эмиттером транзистора T_3 меньшей мощности.

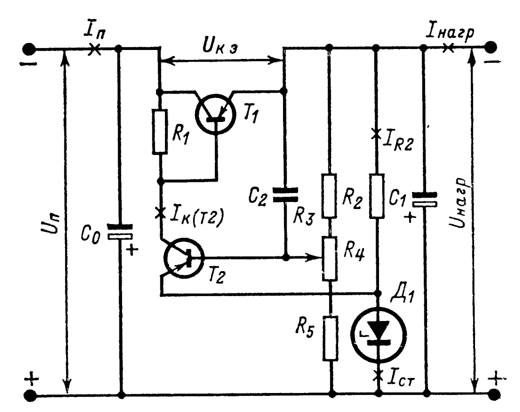


Рис. 7-24.

Номинальная величина напряжения нагрузки $U_{нагр}$ определяется величиной напряжения $U_{ст}$ стабилитрона и параметрами делителя напряжения R_3—R_5, с которого часть напряжения $U_{нагр}$ подается на базу транзистора T_3. В необходимых случаях включают последовательно m стабилитронов ($m = 2$, 3, ...). Потенциометром R_4 точно устанавливают необходимое значение $U_{нагр}$ (всегда $U_{нагр} > mU_{ст}$).

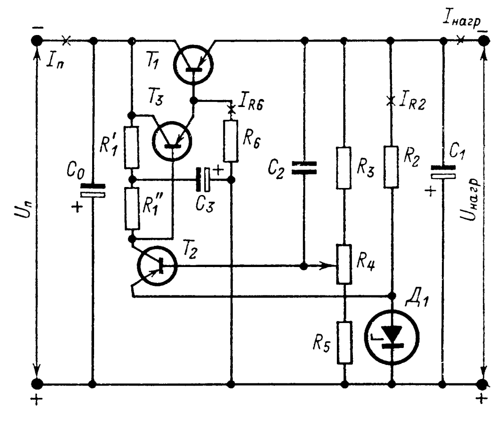


Рис. 7-25.

П р и н ц и п д е й с т в и я. Выходное напряжение стабилизатора $U_{нагр}$ поступает на одну из диагоналей моста, в одно плечо

которого включен стабилитрон $Д_1$, во второе — резистор R_2, а третье и четвертое плечи образованы резисторами R_3—R_5. Так как напряжение на диоде $Д_1$ стабильно, то при изменении напряжения $U_{нагр}$ изменяется напряжение в другой диагонали моста, в которую включен эмиттерный переход транзистора T_2. Если по какой-либо причине напряжение $U_{нагр}$ увеличится, то ток базы транзистора T_2, а вместе с тем и ток его коллектора также увеличатся. Это приведет к увеличению падения напряжения на резисторе R_1 и к уменьшению токов баз транзисторов T_3 и T_1. Последнее приводит к увеличению сопротивления между эмиттером и коллектором транзистора T_1, т. е. к увеличению падения напряжения $U_{к.э}$. В результате описанного процесса увеличение выходного напряжения

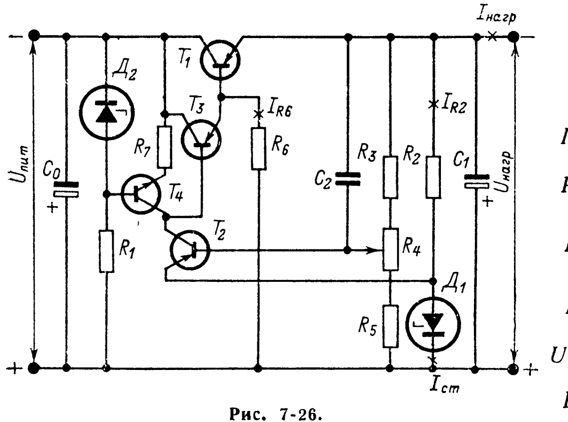


Рис. 7-26.

вследствие увеличения входного напряжения $U_п$ или при снижении тока нагрузки $I_{нагр}$ в значительной мере компенсируется.

Схема с улучшенной стабилизацией. Для повышения коэффициента стабилизации транзистор T_2 усилителя обратной связи и цепь базы транзистора T_3 питают через дополнительный стабилизатор (рис. 7-26), состоящий из транзистора T_4 структуры *n-p-n*, стабилитрона или стабистора $Д_2$, резисторов R_1 и R_7.

Расчет стабилизаторов по схемам на рис. 7-24 и 7-25. Должны быть заданы: 1) номинальное напряжение на нагрузке $U_{нагр}$; 2) значения тока нагрузки $I_{н.мин}$ и $I_{н.макс}$; 3) наибольшие ожидаемые отклонения $\delta_н$ и $\delta_в$ напряжения источника питания от его номинального значения $U_п$; 4) при питании от электросети коэффициент пульсации напряжения v_0, получаемого от выпрямителя; он должен быть не более 0,02—0,05.

Путем расчета нужно выбрать типы стабилитрона и транзисторов и определить: 1) номинальное напряжение $U_п$ (при питании стабилизатора от выпрямителя $U_п = U_0$), 2) номинальные сопротивления и мощности рассеяния резисторов, 3) коэффициент стабилизации напряжения $k_{ст}$, 4) выходное сопротивление стабилизатора $r_{вых}$.

Таблица 7-15

Формуляр расчета транзисторных компенсационных стабилизаторов напряжения

Параметр	Расчетная формула	Номер формулы	Для схемы по рисунку
$U_п$	$\frac{U_{нагр}+(2\div3)\,U_{к\,н\,(T1)}}{1-\delta_н}$	1	7-24—7-26
$U_{к.э\,(T1)}$, $U_{к.э\,(T3)}$	$U_п\,(1+\delta_в)-U_{нагр}$	2	7-24—7-26
$P_{к\,(T1)}$	$1{,}2\,U_{к.\,э\,(T1)}I_{н.\,макс}$	3	7-24—7-26
I_{R6}	$\frac{(0{,}2\div0{,}5)\,I_{н.\,макс}}{h_{21э\,(T1)}}$	4	7-25, 7-26
R_6	$U_{нагр}/I_{R6}$	5	7-25, 7-26
$I_{к\,(T3)}$	$\frac{I_{н.\,макс}}{h_{21э\,(T1)}}-I_{R6}$	6	7-25, 7-26
$P_{к\,(T3)}$	$U_{к.\,э\,(T3)}\,I_{к\,(T3)}$	7	7-25, 7-26
$I_{к\,(T2)}$	$\frac{(3\div5)\,I_{н.\,макс}}{h_{21э\,(T1)}}$	8	7-24
$I_{к\,(T2)}$	$\frac{(3\div5)\,I_{н.\,макс}}{h_{21э\,(T1)}\,h_{21э\,(T3)}}$	9	7-25 7-26,
$U_{к.\,э\,(T2)}$	$U_{нагр}-U_{ст}$	10	7-24—7-26
$P_{к\,(T2)}$	$U_{к.э(T2)}I_{к\,(T2)}$	11	7-24—7-25
R_1	$\frac{U_п-U_{нагр}}{I_{к\,(T2)}}$	12	7-24—7-26
R_2	$\frac{(1{,}2\div1{,}4)\,(U_{нагр}-U_{ст})}{I_{ст.\,макс}}$	13	7-24—7-26
R_3	$(1\div1{,}2\,n)\,h_{21э(T2)}r_д$	14	7-24—7-26
R_4	$0{,}4\,nh_{21э(T2)}r_д$	15	7-24—7-26
R_5	$0{,}8\,nh_{21э(T2)}r_д$	16	7-24—7-26
$r_{вых}$	$\frac{h_{11б\,(T2)}+r_д}{n\,h_{21э(T_1)}}+\frac{(R_3+R_4+R_5)\,(1-n)}{h_{21э\,(T1)}\,h_{21э(T2)}}$	17	7-24
$r_{вых}$	$\frac{h_{11б\,(T2)}+r_д}{nh_{21э(T1)}h_{21э(T3)}}+\frac{(R_3+R_4+R_5)\,(1-n)}{h_{21э(T1)}h_{21э(T2)}h_{21э(T3)}}$	18	7-25
$k_{ст}$	$\frac{nR_1}{r_{вых}h_{21э(T1)}\,h_{21э(T2)}}\times\frac{U_{нагр}}{U_п}$	19	7-24

Продолжение табл. 7-15

Параметр	Расчетная формула	Номер формулы	Для схемы по рисунку
$k_{ст}$	$\frac{nR_1}{r_{вых}h_{21Э(T1)}h_{21Э(T2)}} \times \frac{U_{нагр}}{h_{21Э(T3)}U_п}$	20	7-25
$I_{п.\,макс}$	$I_{н.\,макс} + \frac{U_{нагр}}{R_3+R_4+R_5} + \frac{U_{нагр}}{R_2} + I_{к\,(T2)}$	21	7-24, 7-25

Примечание. Если величины токов выразить в миллиамперах, то сопротивления получатся в килоомах, а мощности — в милливаттах.

По табл. 10-34 и 10-38 предварительно выбираем тип транзистора T_1, для которого $I_{к.\,макс} \geqslant (3 \div 4)\ I_{н.\,макс}$, и тип стабилитрона с напряжением стабилизации $U_{ст} = (0{,}3 \div 0{,}8)\ U_{нагр}$. Можно последовательно включить m стабилитронов, выбирая их из условия $U_{ст} = \frac{(0{,}3 \div 0{,}8)\ U_{нагр}}{m}$. Если $I_{н.\,макс}/h_{21Э1} < (0{,}5 \div 0{,}1) I_{ст.\,макс}$ ($h_{21Э1}$ — минимальное значение коэффициента передачи тока транзистора T_1 при большом сигнале и $I_{ст.\,макс}$ — максимально допустимый ток для стабилитрона), то стабилизатор можно выполнить по схеме на рис. 7-24, если же это неравенство не выполняется, нужно применить составной регулирующий транзистор (рис. 7-25).

Расчет стабилизаторов с транзисторами производят по формулам табл. 7-15 в следующем порядке:

1) определяют номинальное значение входного напряжения стабилизатора по формуле (1), подставляя в нее значение $U_{к.\,н\,(T1)}$ транзистора T_1 выбранного типа из таблицы 10-34—10-38;

2) вычисляют наибольшее возможное при работе стабилизатора напряжение коллектор—эмиттер и рассеиваемую мощность транзистора T_1 по формулам (2) и (3). Если полученная величина $U_{к.\,э(T1)}$ не превышает 0,8 допустимой для транзистора величины $U_{к.\,э.\,макс}$ и он может рассеивать мощность $P_{к(T1)}$ (в необходимых случаях с теплоотводом), можно считать, что тип транзистора выбран правильно;

3) при расчете стабилизатора по схеме на рис. 7-25 определяют величину тока I_{R6} в резисторе R_6 по формуле (4), его сопротивление — по формуле (5) и выбирают резистор с ближайшим большим стандартным номинальным сопротивлением.

Далее определяют наибольшее возможное значение мощности, которая будет рассеиваться транзистором T_3, по формуле (7) и выбирают транзистор такого типа, для которого предельно допустимые эксплуатационные данные не менее вычисленных по формулам (2), (6), (7);

4) транзистор T_2 для усилителя обратной связи выбирают, руководствуясь следующими соображениями: величина его коллекторного тока $I_{к(T2)}$ должна быть больше тока базы $T_1(T_3)$ [условия (8), (9)], меньше максимально допустимого значения тока $I_{ст.\,макс}$ стабилитрона $Д_1$, и при этом предельно допустимая мощность транзистора не должна быть меньше величины, вычисленной по формуле (11);

5) вычисляют сопротивления резисторов R_1—R_5 по формулам (12)—(16) и выбирают резисторы с ближайшими стандартными номинальными сопротивлениями. Если сопротивление R_5 получается по расчету малым, то его можно исключить из схемы, увеличив соответственно сопротивление потенциометра R_4. С целью снижения пульсаций напряжения на нагрузке рекомендуется резистор R_1 разделить на две части (R_1' и R_1'' на рис. 7-25) и добавить в схему конденсатор C_3;

6) выходное сопротивление стабилизатора и его коэффициент стабилизации можно определить по формулам (17)—(20). Подставляемое в формулы (17) и (18) значение входного сопротивления транзистора T_2 должно соответствовать выбранному значению тока $I_{к\,(T2)}$ и может быть определено по формуле

$$h_{11(T2)} = \frac{0{,}025}{I_{к\,(T2)}}.$$

Транзисторный стабилизатор одновременно является сглаживающим фильтром, коэффициент сглаживания которого в отсутствие конденсатора C_3 приблизительно равен коэффициенту стабилизации.

В схеме на рис. 7-26 в качестве стабистора можно применить плоскостной кремниевый диод в прямом включении. Расчет цепочки, состоящей из этого диода и резистора R_1, осуществляют по методике, изложенной на с. 248, 249, принимая за величину тока нагрузки ток базы транзистора T_4, средняя величина которого быть может определена по формуле

$$I_{б(T4)} = \frac{I_{к\,(T2)}}{h_{21Э\,(T4)}}.$$

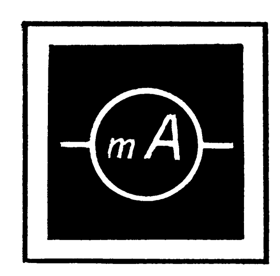
Сопротивление резистора в цепи эмиттера транзистора

$$R_7 = \frac{0{,}7 \div 0{,}8}{I_{к\,(T2)}}.$$

Особенности работы транзисторных стабилизаторов при импульсной нагрузке. Если нагрузка стабилизатора напряжения имеет импульсный характер, то необходимо принимать дополнительные меры к поддержанию постоянства выходного напряжения стабилизатора.

Стабилизаторы с транзисторами П209, П210, П213—П217 и др., обладающими низкими граничными частотами (не более нескольких килогерц), не способны реагировать на быстрые изменения тока нагрузки. Стабильность выходного напряжения при импульсной нагрузке улучшается, если применить в стабилизаторе мощный среднечастотный транзистор, например типа П601—П602, П605—П606.

Другим методом улучшения стабильности напряжения на импульсной нагрузке является включение на выход стабилизатора конденсатора C_1 настолько большой емкости, чтобы запасаемая им энергия значительно превышала энергию, потребляемую нагрузкой за время одного импульса. Чем меньше скважность импульсов, тем больше должна быть емкость C_1.



ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ПРИБОРЫ И РАДИОЛЮБИТЕЛЬСКИЕ ИЗМЕРЕНИЯ

РАЗДЕЛ 8

СОДЕРЖАНИЕ

8-1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Классификация электрорадиоизмерительных приборов

Приборы, предназначенные для измерения электрических величин и параметров цепей электрической и радиоэлектронной аппаратуры, называют электрорадиоизмерительными приборами. Они делятся на приборы прямого преобразования, в которых измеряемые величины непосредственно или через преобразователи воздействуют на отсчетные устройства, и на компенсационные приборы, в которых используется метод сравнения измеряемой величины с известной.

По типу отсчетного устройства электрорадиоизмерительные приборы делятся на стрелочные (аналоговые) и цифровые.

Отсчетные устройства стрелочных приборов могут иметь: 1) неподвижную шкалу и подвижный указатель-стрелку; 2) подвижную шкалу и неподвижный указатель; 3) световой отсчет с неподвижной шкалой и подвижным световым указателем; 4) световой отсчет с подвижной шкалой и неподвижным световым указателем.

В стрелочных приборах в качестве отсчетного устройства часто используют измерительные механизмы магнитоэлектрической системы, угол поворота указателей которых пропорционален среднему значению тока в рамке. Применяют также измерительные механизмы электромагнитной, электродинамической, ферродинамической и электростатической систем шкалы которых обычно градуируют в действующих значениях измеряемого тока или напряжения, а их показания не зависят от формы кривой измеряемого тока или напряжения.

Механизмы магнитоэлектрической системы применяют для измерений в цепях постоянного и пульсирующего тока; измерители электромагнитной, электродинамической и ферродинамической систем — в цепях постоянного и переменного тока частотой до 2 кГц. Измерители электростатической системы применяют в основном в киловольтметрах для измерения постоянных и переменных напряжений с частотами до нескольких мегагерц.

Для измерений в цепях переменного тока с частотами от самых низких до частот порядка сотен мегагерц также используют измерители магнитоэлектрической системы, объединенные конструктивно с выпрямителями (детекторами) на полупроводниковых или электровакуумных приборах либо с термопарами, преобразующими переменный ток в постоянный или (пульсирующий). В зависимости от типа примененного преобразователя такие измерительные приборы называют приборами *выпрямительной* и *термоэлектрической* системы.

Для измерения малых напряжений и токов в схемы измерительных приборов вводят

Таблица 8-1

Измерители магнитоэлектрической системы (микроамперметры)

Тип	Класс точности	Ток полного отклонения, мкА	Размеры, мм
М93; М94	1, 1,5	50, 100, 150, 200, 300, 500, 1000	120×105×64
М96	1,5	300	127×107×65
М1131	4,0	200, 500	30×30×50
М1360	2,5	50, 100, 200, 500,	60×60×70
М1400	1,5	50, 100, 200, 500,	80×80×70
М1690	1,0	50, 100, 200, 500,	120×105×75
М1692	0,5; 1,0	20, 50, 100, 200, 500, 1000	120×105×75
М4204	1,5; 2,5	10, 20, 30, 50, 100, 200, 300, 500	80×80×49
М4205 М4208	1,5; 2,5	То же	60×60×49
М4206 М4209	2,5; 4,0	То же	40×40×49

электронные усилители. Такие приборы называют *электронными*.

В радиолюбительской практике наибольшее применение нашли измерители магнитоэлектрической системы, как имеющие равномерную шкалу и меньшие погрешности по сравнению с измерителями других систем (табл. 8-1).

Терминология и характеристики электрорадиоизмерительных приборов

Шкала — совокупность отметок, изображающих ряд последовательных чисел, соответствующих значениям измеряемой величины.

Нулевая отметка — отметка (черта) на шкале прибора, на которую устанавливается стрелка (световой указатель) при нулевом значении измеряемой величины. Шкала с нулевой отметкой, расположенной в начале или в конце шкалы, называется односторонней шкалой. Если же нулевая отметка находится в середине шкалы — двусторонней шкалой.

Начальная отметка — для приборов с односторонней шкалой то же, что нулевая отметка. Для приборов с двусторонней шкалой начальная отметка соответствует наибольшему отрицательному значению измеряемой величины.

Конечная (предельная) отметка — отметка (черта), соответствующая наибольшему (предельному) значению измеряемой величины по данной шкале. В приборах с двусторонней шкалой конечной называют отметку, соответствующую наибольшему положительному значению измеряемой величины.

Длина шкалы — расстояние между начальной и конечной отметками, отсчитанное по дуге; измеряется в миллиметрах.

Деление шкалы — интервал между двумя соседними отметками на шкале. В зависимости от того, в каких единицах выражен этот интервал, различают: а) цену деления, если интервал выражен в единицах измеряемой величины (например, в вольтах, милливольтах); б) длину деления, если интервал выражен в единицах длины (например, в миллиметрах).

Шкалу, по всей длине которой отношение цены деления к длине деления сохраняется постоянным, называют равномерной шкалой.

Конечное (предельное) значение шкалы — значение измеряемой величины, при которой стрелка (световой указатель) устанавливается на конечную отметку.

Отсчет — число, указываемое отсчетным устройством прибора при измерении. В стрелочных приборах — это число, соответствующее делению шкалы, на котором остановился указатель измерителя; в цифровых приборах — это число, наблюдаемое в виде цифр на отсчетном устройстве прибора.

Показание — физическая величина, соответствующая отсчету. Получается в результате умножения отсчета на переводной множитель. Отсчет и показание прибора иногда совпадают, как, например, у однопредельного прибора, шкала которого градуирована в единицах измеряемой величины.

Диапазон показаний — разность между показаниями прибора, соответствующими конечной и начальной отметкам шкалы.

Рабочая часть шкалы — часть шкалы прибора, в пределах которой погрешности показаний не превышают значений, определяемых классом точности прибора.

Рабочий диапазон измерений — разность между значениями измеряемой величины,

соответствующими отметкам конца и начала рабочей части шкалы.

Диапазон рабочих частот — полоса частот, на которых измерения производятся с дополнительной погрешностью, не превышающей указанной в паспорте величины.

Абсолютная погрешность измерительного прибора

$$\Delta A = A - A_0;$$

относительная погрешность измерительного прибора

$$\delta A = (A - A_0)/A_0 = \Delta A/A_0;$$

приведенная погрешность измерительного прибора

$$\delta_L = \Delta A/L,$$

где A — показание прибора; A_0 — истинное значение измеряемой величины; L — конечное значение шкалы, сумма конечных значений шкалы или диапазон показаний приборов соответственно с односторонней, двусторонней или безнулевой шкалой.

Класс точности прибора определяется максимально допустимой приведенной погрешностью прибора, возможной в нормальных условиях и выраженной в процентах; эта погрешность называется основной. При измерениях возможны дополнительные погрешности, возникающие при измерениях в условиях, отличных от нормальных (например, температурная погрешность, частотная погрешность и т. п.).

Электрорадиоизмерительные стрелочные приборы разделяются по классам точности 0,05; 0,1; 0,2; 0,5; 1,0; 1,5; 2,5; 4,0; 6,0 и 10. Для радиолюбительских измерений вполне пригодны приборы классов 1,5—4,0, а иногда и классов 6,0 и 10.

Интервал, в котором находится действительное значение измеренной величины,

$$A_0 = A \pm 0{,}01LK_п,$$

где $K_п$ — число, обозначающее класс точности прибора.

Абсолютная погрешность цифрового измерительного прибора

$$\Delta A = \pm\,[(\delta A)\,A + m_{ед.сч}],$$

где $m_{ед.сч}$ — погрешность дискретности, выбираемая из ряда 0,5; 1; 2 единицы младшего разряда счета.

Входное сопротивление — сопротивление прибора со стороны его входных зажимов. Этот параметр имеет существенное значение и регламентируется преимущественно для вольтметров, осциллоскопов и осциллографов, подключаемых к точкам контролируемых цепей, сопротивление между которыми относительно велико.

Для приборов, измеряющих переменные напряжения, входное сопротивление — величина комплексная, эквивалентная параллельному соединению активной $R_{вх}$ и реактивной $C_{вх}$ составляющих. Чем больше $R_{вх}$ и меньше $C_{вх}$, тем меньше влияет подключенный прибор на режим работы измеряемого объекта и тем точнее при прочих равных условиях результат измерения. Если входное сопротивление измерительного прибора $z_{вх}$ в 20—50 раз больше сопротивления участка цепи, к которому подключается измерительный прибор, то его влиянием на режим объекта измерения часто практически можно пренебречь, так как при этом общее сопротивление участка цепи с подключенным измерительным прибором уменьшится примерно на 2—5%.

Активную составляющую входного сопротивления вольтметров нередко выражают в омах на вольт [Ом/В] или в килоомах на вольт [кОм/В]. При этом входное сопротивление прибора можно определить умножением указанного параметра на конечное значение шкалы соответствующего поддиапазона вольтметра.

Входная емкость прибора, подключаемого при измерениях к резонансной системе, может вызвать существенную расстройку. На высоких частотах расстройкой практически можно пренебречь только в случаях, когда $C_{вх}$ измерительного прибора в несколько сотен раз меньше общей емкости резонансной системы, к которой подключается прибор.

Входная емкость измерительного прибора может быть уменьшена включением последовательно в его входную цепь конденсатора малой емкости (обычно 2—5 пФ). Действительное значение напряжения на резонансной системе в этом случае может быть вычислено по показанию A измерительного прибора (вольтметра, осциллографа) по формуле

$$U = A\,(z_к + z_{вх})/z_{вх},$$

где $z_к$ и $z_{вх}$ — соответственно модули полных сопротивлений подключаемого конденсатора и входа прибора.

Если конденсатор (КД, КТ, КСО и т. п.) обладает малыми потерями, то

$$U = A\left(1 + \frac{1 + 2\pi f C_{вх} R_{вх}}{2\pi f C_к R_{вх}}\right) \approx A\left(1 + \frac{C_{вх}}{C_к}\right),$$

где f — частота измеряемого напряжения, МГц; $C_{вх}$ — входная емкость измерительного прибора, пФ; $R_{вх}$ — активная составляющая входного сопротивления прибора, МОм; $C_к$ — емкость конденсатора, пФ.

Эталоны — меры и приборы наивысшей (метрологической) точности, предназначенные для воспроизведения и хранения единиц измерения.

Образцовые меры и образцовые измерительные приборы ограниченной точности — меры и приборы достаточно высокой точности (но меньшей, чем метрологическая), предназначенные для практических работ по поверке и градуировке всякого рода мер и измерительных приборов (дальше в тексте называются сокращенно: *образцовые меры* или *образцовые измерительные приборы*).

Рабочие меры и рабочие измерительные приборы — все меры и приборы, кроме образцовых, предназначенные для практических целей измерений.

Таблица 8-2

Обозначения на электроизмерительных приборах

Магнитоэлектрический прибор с подвижной рамкой	
Прибор выпрямительной системы (магнитоэлектрический измеритель + выпрямитель)	
Электронный прибор	
Термоэлектрический прибор (магнитоэлектрический измеритель + изолированный термопреобразователь)	
То же с неизолированным термопреобразователем	
Электромагнитный прибор	
Электродинамический прибор	
Ферродинамический прибор	
Электростатический прибор (киловольтметр)	
Вибрационный язычковый прибор (частотомер)	

Индукционный прибор (например, счетчик электрической энергии)	
Прибор (например, магнитоэлектрический) с магнитным экраном	
Прибор (например, электростатический), защищенный от внешних электрических полей	
Прибор для измерения в цепях постоянного тока	—
Прибор для измерения в цепях переменного тока	~
Прибор для измерения в цепях постоянного и переменного токов	
Класс точности прибора (например, 1,5)	*1,5*
Измерительная цепь прибора выдерживает по отношению к корпусу напряжение 2 кВ	2
Рабочее положение шкалы прибора — горизонтальное	
Рабочее положение шкалы прибора — вертикальное	⊥
Осторожно! Измерительная цепь прибора под высоким напряжением; ее изоляция ниже нормы (знак красного цвета)	
Внимание! При работе с прибором руководствоваться указаниями в его паспорте или описании	!
Знаки полярности у зажимов при включении в цепь постоянного тока	+ −
Знак у общего зажима комбинированного прибора	*

Образцовые меры и образцовые измерительные приборы должны иметь класс точности не менее чем в 3—5 раз более высокий, чем у поверяемых с их помощью рабочих мер и рабочих измерительных приборов.

Условные знаки на приборах

На приборах со стрелочными измерительными механизмами нанесены знаки, которые дают краткую техническую характеристику приборов (табл. 8-2).

Условное обозначение измерительного механизма содержит одну из следующих букв: М — магнитоэлектрическая система; Э — электромагнитная система; Д — электродинамическая или ферродинамическая система; С — электростатическая система. Число после буквы обозначает номер типа. Например, прибор М94 представляет собой измеритель магнитоэлектрической системы типа 94.

8-2. ИЗМЕРЕНИЕ НАПРЯЖЕНИЙ И ТОКОВ

Общие сведения

Радиолюбители обычно измеряют напряжения стрелочными вольтметрами. Простейший вольтметр для измерения постоянных напряжений состоит из стрелочного измерителя *ИП* магнитоэлектрической системы с независимыми (рис. 8-1, *а*) или последовательно включенными (рис. 8-1, *б*) с рамкой

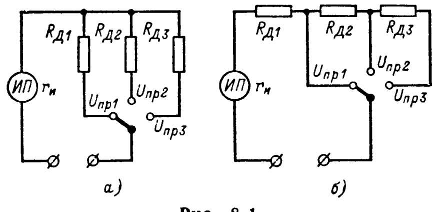


Рис. 8-1.

измерителя добавочными резисторами $R_д$ и входных зажимов.

Входное сопротивление подобных вольтметров определяется током предельного отклонения указателя измерителя:

$$R_{вх} = U_{пред}/I_{пред},$$

где $U_{пред}$ — верхний предел измерения вольтметра; $I_{пред}$ — ток предельного отклонения указателя измерителя.

Более высоким входным сопротивлением обладает электронный стрелочный вольтметр постоянного тока, имеющий УПТ, включаемый между входными зажимами и измерителем прибора. Входное сопротивление такого вольтметра определяется входным сопротивлением УПТ и сопротивлением утечек входной цепи и может достигать нескольких десятков мегом.

Измерения переменного напряжения производят электромеханическими вольтметрами электромагнитной, электродинамической или ферродинамической систем, выполняемыми по схеме на рис. 8-1. Частотный диапазон таких вольтметров находится от нуля до нескольких килогерц. Более широк частотный диапазон у вольтметров электростатической системы (до нескольких мегагерц).

В радиолюбительской практике для измерения переменных напряжений применяют стрелочные вольтметры выпрямительной системы с однополупериодным (рис. 8-2, *а*)

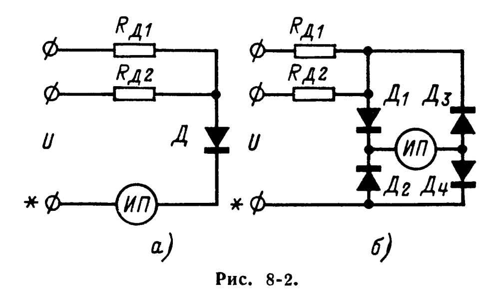


Рис. 8-2.

и мостовым (рис. 8-2, *б*) выпрямителями, имеющие частотный диапазон до нескольких десятков килогерц, и стрелочные электронные вольтметры (частотный диапазон до нескольких сотен мегагерц).

Сопротивления добавочных резисторов вольтметров по схеме на рис. 8-1, *а* вычисляют по формуле

$$R_{дi} = (U_{пред i} - I_{пред} r_и)/I_{пред},$$

а вольтметров по схеме на рис. 8-1, *б* — по формулам:

$$R_{д1} = (U_{пред1} - I_{пред} r_и)/I_{пред};$$

$$R_{д2} = [(U_{пред2} - I_{пред} r_и)/I_{пред}] - R_{д1};$$

$$R_{д3} = [(U_{пред3} - I_{пред} r_и)/I_{пред}] - (R_{д1} + R_{д2}),$$

и т. д.,

где $U_{пред i}$ — i-й верхний предел измерения вольтметра; $R_{дi}$ — сопротивление добавочного резистора соответствующего предела измерения; $I_{пред}$ — ток предельного отклонения указателя измерителя; $r_и$ — сопротивление рамки измерителя.

Сопротивления добавочных резисторов выпрямительных вольтметров по схеме на рис. 8-2, *а* вычисляют по формуле

$$R_{дi} = (0{,}45 U_{пред i}/I_{пред}) - (r_и + r_{д.\,пр}),$$

а вольтметров по схеме на рис. 8-2, *б* — по формуле

$$R_{дi} = (0{,}9 U_{пред i}/I_{пред}) - (r_и + 2r_{д.\,пр}),$$

где $U_{пред i}$ — i-й верхний предел измерения вольтметра, действующее значение; $I_{пред}$ — ток предельного отклонения указателя измерителя магнитоэлектрической системы; $r_{д.\,пр}$ — сопротивление диода в прямом направлении.

Шкалы вольтметров выпрямительной системы градуируются в действующих значениях синусоидального напряжения.

Электронный стрелочный вольтметр переменного тока содержит обычно делитель напряжения, усилитель переменного напряжения и детектор (выпрямитель), нагруженный на измеритель магнитоэлектрической системы. Вольтметры с такой структурой могут измерять напряжения от нескольких милливольт до нескольких киловольт. В некоторых вольтметрах детектор располагают непосредственно после входных зажимов, далее включают УПТ, к выходу которого подключен измеритель магнитоэлектрической системы с набором добавочных резисторов и шунтов, расширяющих пределы измерения вольтметра. Диапазон измерения таких вольтметров начинается с долей вольта и может заканчиваться несколькими киловольтами; активная составляющая входного сопротивления подобных вольтметров в зависимости от частоты измеряемого напряжения изменяется в пределах от десятков мегом до десятков килоом (на сверхвысоких частотах), а входная емкость не превышает обычно 10 пФ. Наличие УПТ в вольтметре позволяет применять его для измерения как переменных, так и постоянных напряжений (рис. 8-3). При этом входное сопротивление вольтметра на постоянном токе обычно равно нескольким десяткам мегом (если УПТ выполнен на электронных лампах).

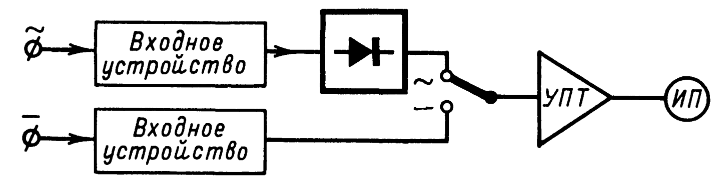


Рис. 8-3.

Различают *вольтметры с открытым входом* и *вольтметры с закрытым входом*. Входные цепи вольтметров с закрытым входом имеют разделительные элементы (конденсаторы или трансформаторы) и поэтому не реагируют на постоянную составляющую измеряемого напряжения (т. е. они «закрыты» для постоянной составляющей). Вольтметры с закрытым входом удобны для измерения переменных составляющих, например, на коллекторных и анодных нагрузках усилительных каскадов, генераторов и т. п. Вольтметры с открытым входом разделительных элементов не имеют и поэтому «открыты» для постоянной составляющей измеряемого напряжения.

В зависимости от типа примененного детектора электронные вольтметры разделяют на *квадратичные* (измеряют действующее значение напряжения), *амплитудные* (пиковые) и вольтметры *средневыпрямленного значения*.

Промышленные стрелочные вольтметры градуированы в действующих значениях синусоидального напряжения. Исключение представляют вольтметры, предназначенные для измерения импульсных напряжений и градуируемые в амплитудных значениях напряжения.

Для правильной оценки результатов измерения напряжений нужно знать тип примененного в вольтметре детектора, схему входа и характер градуировки шкалы вольтметра.

Пример. Нужно измерить напряжение, имеющее форму периодической последовательности однополярных прямоугольных импульсов (рис. 8-4). Определить ожидаемые показания вольтметров типов В4-2, В7-2 и В3-10А, если амплитуда импульсов $U_m = 20$ В при скважности $Q = T/\tau = 10$.

Решение. Вольтметры В4-2 и В7-2 (с закрытым входом) не реагируют на постоянную составляющую U_0 измеряемого напряжения, которая для рассматриваемого напряжения равна:

$$U_0 = \frac{1}{T}\int_0^T u(t)\,dt = U_m/Q = 20/10 = 2\ B,$$

и при пиковом детекторе их показания пропорциональны амплитуде превышения измеряемого напряжения U_{m0} над постоянной составляющей.

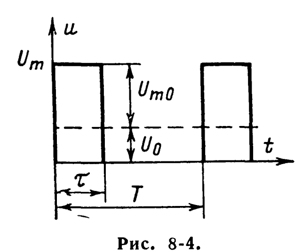


Рис. 8-4.

Поскольку шкала вольтметра В4-2 градуирована в пиковых значениях измеряемого напряжения, то показание вольтметра В4-2 будет:

$$A_1 = U_{m0} = U_m - U_0 = 18\ \text{В}.$$

Вольтметр типа В7-2 должен показать:

$$A_2 = U_{m0}/\sqrt{2} = 12{,}7\ \text{В},$$

так как при градуировке оцифровка его шкалы уменьшена в $\sqrt{2}$ относительно амплитуды калибрующего напряжения синусоидальной формы (шкала градуирована в действующих значениях синусоидального напряжения).

Вольтметр типа В3-10А на пределах измерения выше 0,3 В имеет открытый вход, детектор средневыпрямленного значения и шкалу, градуированную в действующих

значениях синусоидального напряжения. Так как средневыпрямленное значение

$$U_{ср.в} = \frac{1}{T}\int_0^T |u(t)|\,dt,$$

то при измерении однополярных импульсов оно совпадает с $U_0 = 2$ В. Поскольку при градуировке оцифровка шкалы вольтметра В3-10А увеличена в 1,11 раза относительно средневыпрямленного значения калибрующего синусоидального напряжения, его показания должны быть равны $A_3 = 1{,}11\,U_{ср.в} = 1{,}11 \cdot 2 = 2{,}22$ В.

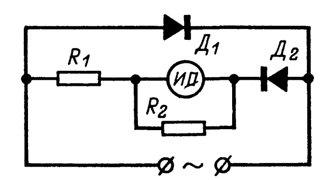


Рис. 8-5.

Достоинствами цифровых вольтметров различного принципа действия являются высокая точность и возможность полной автоматизации измерений. Недостатки — сложность и относительно высокая стоимость.

Амперметры (миллиамперметры, микроамперметры) — приборы, предназначенные для измерения тока, включают в разрыв цепи, ток которой следует измерить. В амперметрах применяют такие же измерительные механизмы, что и в вольтметрах; поэтому широко распространены комбинированные приборы — ампервольтметры, которые используются и как вольтметры и как амперметры. Для измерения токов ВЧ (до нескольких мегагерц)

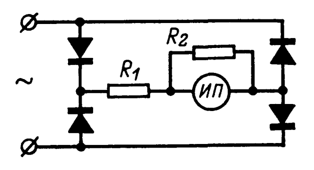


Рис. 8-6.

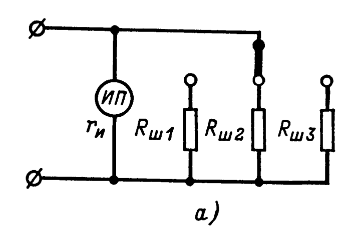
применяют измерители магнитоэлектрической системы с термоэлектрическими преобразователями. Шкалы таких амперметров квадратичны. Для измерения токов промышленной частоты применяют измерители электромагнитной системы. Для измерения токов звуковых (низких) и ультразвуковых частот применяют измерители магнитоэлектрической системы с выпрямителями на полупроводниковых диодах (рис. 8-5, 8-6).

В амперметрах для расширения пределов измерения применяют шунты — резисторы, подключаемые параллельно рамке (катушке) измерительного механизма.

Сопротивления шунтов, включаемых по схеме на рис. 8-7, *а*, рассчитывают по формуле

$$R_{шi} = r_и[I_и/(I_{пр i} - I_и)] = r_и/(n_i - 1),$$

где $I_и$ — ток предельного отклонения указателя при отключенном шунте; $I_{пр i}$ — рассчитываемый предел измерений; $n_i = I_{пр\,i}/I_и$ — коэффициент расширения i-го предела измерения.



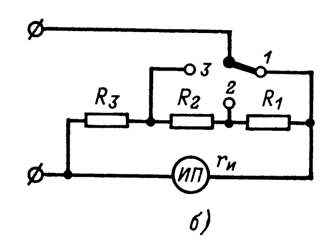


Рис. 8-7.

Многопредельный универсальный шунт (рис. 8-7, *б*) рассчитывают на основании формулы

$$n_i = I_{пр i}/I_и = (R_{шi} + r_и + R_{дi})/R_{шi} = R/R_{шi},$$

где $I_{пр i}$ — i-й предел измерения; $R_{шi}$ — суммарное сопротивление резисторов, включенных непосредственно между входными зажимами амперметра на i-м пределе измерения; $R_{д\,i}$ — суммарное сопротивление резисторов, включенных последовательно с рамкой (катушкой) измерителя на i-м пределе измерения; R — общее сопротивление контура «измеритель — резисторы».

Для схемы на рис. 8-7, *б*: $R_{ш1} = R_1 + R_2 + R_3$, $R_{д1} = 0$ — на первом пределе измерения; $R_{ш2} = R_2 + R_3$, $R_{д2} = R_1$ — на втором пределе измерения; $R_{ш3} = R_3$, $R_{д3} = R_2 + R_1$ — на третьем пределе измерения.

При наличии многопредельного универсального шунта пределы измерения тока можно изменять без разрыва контролируемой цепи. Пределы измерения амперметров с простыми шунтами (рис. 8-7, *а*) можно изменять лишь после обесточивания измеряемой цепи (или необходим безобрывной переключатель пределов), так как в противном случае возможны многократная перегрузка измерителя и перегорание его рамки (катушки) или токоподводящих пружин.

Приборы для измерения напряжений и токов

Основные технические характеристики некоторых электронных вольтметров, выпускаемых отечественной промышленностью, приведены в табл. 8-3—8-5.

Самодельные вольтметры на транзисторах. Предлагаемый универсальный вольтметр (рис. 8-8) имеет пределы измерения 0—1, 0—10, 0—50, 0—250 и 0—500 В. Основная погрешность не превышает 5%. Частотный диапазон 5 Гц — 25 кГц. Входное сопротивление при измерениях постоянного напряжения составляет 100 кОм/В и при измерениях переменного напряжения 30 кОм/В, если транзисторы имеют коэффициент передачи тока 30 и обратный ток коллектора 1,5—2 мкА. Отсчетное устройство — измеритель М265 с током предельного отклонения $I_{пред} = 100$ мкА. В приборе предусмотрен отдельный вход „Инд. вых" при подключении которого к контролируемой цепи можно измерять переменные составляющие пульсирующего напряжения. Установка нуля вольтметра производится потенциометром R_{14}.

Таблица 8-3

Стрелочные электронные вольтметры

Тип	Пределы измерения	Класс точности	Диапазон частот	$R_{вх}$; $C_{вх}$
В2-3	3—10—30—100—300—1000 мВ	4,0	Постоянный ток	⩾2 МОм
В3-2А	10—30—100—300 мВ; 1—3—10—30—100—300 В	6,0	20 Гц — 1 МГц	1 МОм; 25 пФ
В3-6	0,5—1—2—5—10—20—50—100—200 мВ; 0,5—1—2—5—10—20—50—100—200 В	10	5 Гц — 1 МГц	5 МОм; 25 пФ
В7-2	1,5—5—15—50—150 В	2,5	Постоянный ток 20 Гц — 400 МГц	⩾10 МОм; 50 кОм; 7 пФ

Таблица 8-4

Импульсные стрелочные вольтметры

Тип	Пределы измерения	Класс точности	Скважность	Длительность импульсов, мкс	Частота повторения	$R_{вх}$; $C_{вх}$
ВЛИ-2	50; 300 В	6	50—2 500	0,2—100	50 Гц — 10 МГц	0,2 МОм; 12 пФ
В4-2	15; 50; 150 В	4	50—500	0,1—300	50 Гц — 4 МГц	0,2 МОм; 14 пФ
В4-3	3; 10; 30; 100; 300; 1 000 мВ	4	2—2 500	1—200	50 Гц — 10 кГц	1 МОм; 10 пФ
В4-4	15 В 50 В 150 В	10 6 4	⩾2	0,01—2 000	20 Гц — 10 кГц 50 Гц — 10 МГц	5 МОм; 2,5 и 8 пФ *

* При отрицательных видеоимпульсах.

Таблица 8-5

Цифровые вольтметры

Тип	Пределы измерения, В	Погрешность измерения	$R_{вх}$; $C_{вх}$
В2-8	20; 200; 1 000	± 0,15% ± 1 ед. сч.	0,99—9,9 МОм
В2-9	0,999; 9,99	± 0,3%	0,1 — 10 МОм
В4-6	9,99; 99,9 300 *	± 5% ± 1 ед. сч. ± 5% ± 9 ед. сч.	0,5 МОм; 4 пФ

* При длительности импульсов 0,2 — 1 000 мкс и частоте повторения не менее 10 Гц.

Значительного повышения входного сопротивления в универсальном вольтметре можно достичь применением транзисторного УПТ по схеме на рис. 8-9. Если в усилителе применить транзисторы с коэффициентом передачи тока $h_{21Э} = 195 \div 215$ и обратным током коллектора $I_{к0} = 0{,}6$ мкА и измеритель типа М265 с током предельного отклонения $I_{пред} = 100$ мкА, то входное сопротивление усилителя будет 35 кОм, предельный входной ток, соответствующий полному отклонению стрелки измерителя — 5 мкА.

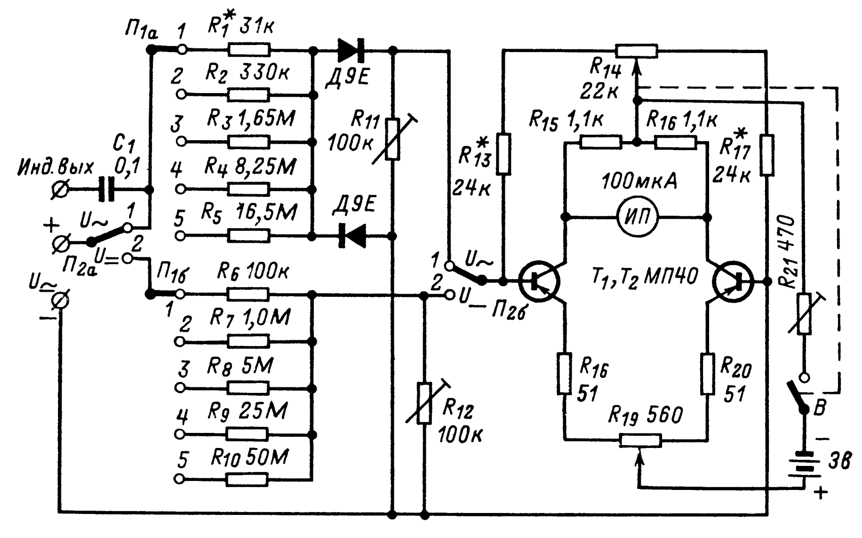


Рис. 8-8.

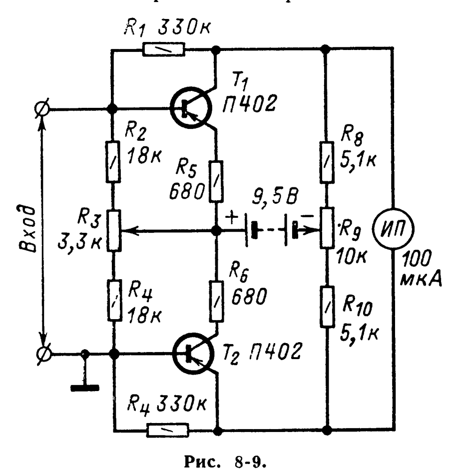


Рис. 8-9.

Вольтметр, построенный на базе такого усилителя, может иметь входной параметр 200 кОм/В при малой температурной и временной нестабильности нуля

Для измерения переменных напряжений к УПТ нужно подключить амплитудный детектор (рис. 8-10) и делитель напряжения. Элементы схемы такого амплитудного детектора с закрытым входом подбираются в зависимости от типа УПТ и предполагаемого рабочего диапазона частот. При этом должно выполняться неравенство $R_1C_1 \gg T_н$, где $T_н$ — период низшего (по частоте) предела рабочего диапазона частот вольтметра. Обычно для работы в диапазоне частот от 20 Гц до нескольких десятков мегагерц берут конденсатор с малыми потерями емкостью $C_1 = (10 \div 30) \cdot 10^3$ пФ, а R_1 — несколько десятков мегом. Аналогичное условие должно

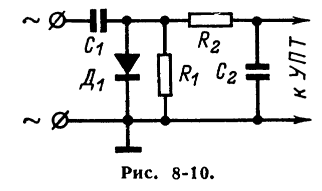


Рис. 8-10.

выполняться и при подборе величин R_2 и C_2. Диод $Д_1$ должен быть высокочастотным с небольшой емкостью и обратным напряжением более $2U_m$, где U_m — амплитуда измеряемого напряжения.

8-3. ИЗМЕРЕНИЕ СОПРОТИВЛЕНИЙ, ЕМКОСТЕЙ И ИНДУКТИВНОСТЕЙ

Методы измерения сопротивлений

Наиболее распространены следующие методы измерения активных и реактивных сопротивлений: метод непосредственного отсчета при помощи омметров, характеризуемый простотой процесса отсчета и широкими пределами измерений; мостовой метод, обеспечивающий малую погрешность измерений.

Электромеханические омметры постоянного тока разделяются на две основные группы: последовательные (рис. 8-11, *а*) для

измерения средних и больших сопротивлений (1 Ом и выше) и параллельные для измерения малых сопротивлений (рис. 8-11, *б*).

В качестве отсчетного устройства они имеют измеритель магнитоэлектрической системы, обычно с током полного отклонения 50—100 мкА. Шкалы омметров с последовательной схемой (рис. 8-11, *а*) имеют отметку ≪ 0 ≫ справа (указатель измерителя устанавливается на отметку предельного отклонения при замкнутой кнопке *Кн*) и отметку ≪ ∞ ≫ — слева. Омметры с параллельной

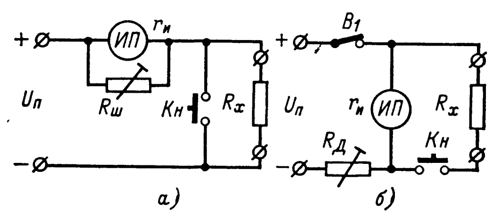


Рис. 8-11.

схемой имеют ≪ 0 ≫ слева, а ≪ ∞ ≫ — справа. Переменный резистор $R_ш$ служит для установки ≪ 0 ≫ омметра (при замкнутой кнопке *Кн*), а резистор $R_д$ — для установки ≪ ∞ ≫ (при разомкнутой кнопке *Кн*). Омметр градуируют по образцовым резисторам. Обычно погрешность омметров при измерении на рабочем участке шкалы составляет 4—10%; на начальном и конечном участках погрешности значительно возрастают.

Электронные омметры строятся на базе УПТ и представляют собой по сути электронные вольтметры постоянного тока, на входы которых подается напряжение, снимаемое

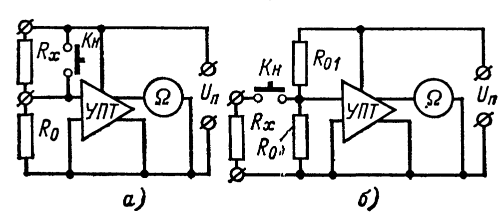


Рис. 8-12.

с цепи, образуемой измеряемым R_x и образцовыми R_0 резисторами (рис. 8-12). Возможные изменения напряжения питания $U_п$ компенсируются изменением коэффициента усиления УПТ при установке нуля (рис. 8-12, *а* — ≪ 0 ≫ справа) или бесконечности (рис. 8-12, *б* — ≪ ∞ ≫ справа).

Основным недостатком схем омметров на рис. 8-11 и 8-12 является неравномерность шкалы. На базе УПТ можно построить электронный омметр с линейной (равномерной) шкалой, если включить образцовое R_0 и измеряемое сопротивление R_x, как показано на рис. 8-13. Напряжение на выходе УПТ здесь линейно зависит от измеряемого сопротивления: $|U_{вых}| = (U_п/R_0)\, R_x$.

Коррекция показаний омметра при изменении напряжения $U_п$ осуществляется изменением образцового сопротивления R_0. Переключение пределов измерения может осуществляться ступенчатым переключением номинальных значений $U_п$ или R_0. Примером электронного омметра с линейной шкалой является омметр промышленного изготовления типа Е6-10.

Омметр с равномерной шкалой (рис. 8-14). Последовательно с источником напряжения $U_п$ включены образцовое R_0 и измеряемое R_x

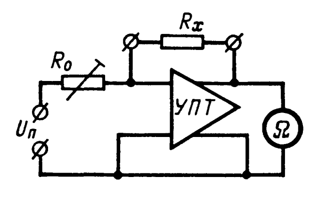


Рис. 8-13.

сопротивления. Если с помощью измерителя с включенным последовательно установочным резистором $R_у$ измерить падение напряжения на образцовом U_0 и измеряемом U_x сопротивлениях, то искомое сопротивление R_x будет определяться как

$$R_x = R_0 U_x / U_0.$$

Следовательно, величина R_x линейно зависит от сопротивления R_0 и отношения U_x/U_0. Ускорить получение искомой величины R_x можно так: установить переключатель в положение *Калибровка* и регулировкой $R_у$ добиться отклонения стрелки измерителя *ИП* на всю шкалу. Верхнюю предельную отметку шкалы обозначить единицей. Остальные деления шкалы при этом будут соответствовать долям от сопротивления R_0. Теперь для измерения R_x достаточно переключатель *П* поставить в положение *Измерение* и определить, какую долю от R_0 составляет R_x. Если

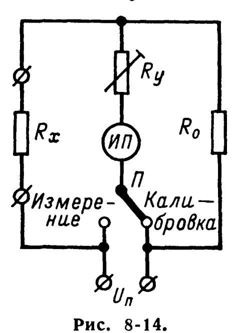


Рис. 8-14.

при постановке переключателя *П* в положение *Измерение* происходит зашкаливание, то следует подобрать большее образцовое сопротивление R_0 и повторить операции измерения. Если омметр — многопредельный, то вместо одного образцового резистора R_0 берут несколько (по числу пределов измерения) переключаемых резисторов, которые для удобства выбирают из ряда 1, 10, 100 и т. д. Общее сопротивление измерителя *ИП* и резистора $R_у$ должно быть много больше R_x и R_0.

Мостовые методы позволяют осуществлять наиболее точные измерения сопротивлений. Три плеча моста (рис. 8-15) образуют образцовые комплексные сопротивления Z_1, Z_2 и Z_3 (конденсаторы, катушки индуктивности), а четвертое — измеряемое сопротивление Z_x. Баланс моста (ток в измерителе *ИП* отсутствует) наступает, если

$$Z_1Z_3 = Z_xZ_2.$$

Баланса добиваются изменением одного из образцовых сопротивлений, например Z_3. Если при измерении активных сопротивлений (R_x) мост питается постоянным напряжением $U_п$, в качестве индикатора баланса

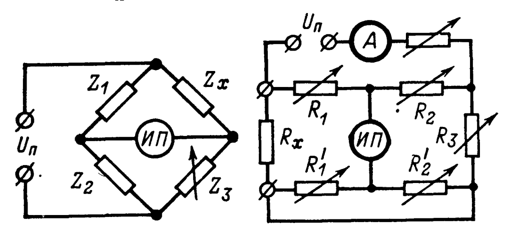


Рис. 8-15. Рис. 8-16.

используют гальванометр магнитоэлектрической системы, а плечи моста образуют образцовыми резисторами. При этом

$$R_x = R_1R_3/R_2.$$

Если питать мост переменным напряжением, то индикатором баланса может быть головной телефон или милливольтметр переменного тока.

Для измерения активных сопротивлений $R_x < 1$ Ом на постоянном токе применяют двойной мост (рис. 8-16). Баланса моста добиваются изменением образцовых сопротивлений R_1, R_1', R_2, R_2' и R_3.

При точном выполнении условий $R_1 = R_1'$ и $R_2 = R_2'$ сопротивление

$$R_x = (R_1/R_2)R_3.$$

Для повышения чувствительности мост питается от мощного источника (обычно аккумулятора). Величина рабочего тока контролируется по амперметру магнитоэлектрической системы.

Измерение сопротивлений методом вольтметра (рис. 8-17). Для определения сопротивления R_x нужно вольтметром измерить падение напряжения U_0 на образцовом резисторе R_0 и U_x на измеряемом R_x. Тогда

$$R_x = (U_x/U_0)\,R_0.$$

Необходимое напряжение источника вычисляется по закону Ома в соответствии с сопротивлением R_0, пределом измерения вольтметра и предполагаемым сопротивлением резистора R_x. Наивысшая точность измерения может быть получена, если $R_0 \approx R_x$. Точность измерения сопротивления R_x зависит также от класса точности вольтметра и образцового резистора. Необходимо соблюдение условий: $R_{вх} \gg R_0$; $R_{вх} \gg R_x$, так как по-

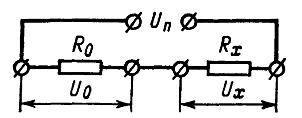


Рис. 8-17.

грешность измерения уменьшается с увеличением входного сопротивления вольтметра $R_{вх}$.

Электромеханические цифровые омметры строятся либо как автоматический мост, либо как цифровой вольтметр с автоматически перестраиваемой цепочкой образцовых резисторов. Большим быстродействием обладают электронные омметры, использующие время-импульсные методы. Цифровые вольтметры и омметры имеют много общих схемных узлов, что позволяет создавать комбинированные цифровые приборы — вольтомметры.

Основные характеристики некоторых омметров промышленного производства даны в табл. 8-6.

Таблица 8-6

Омметры

Обозначение прибора	Диапазон измерения	Основная погрешность, %
М127	0—2 МОм	± 1,5
М372	0,1—50 Ом	± 1,5
М503	200 Ом—100 МОм	± 1,0
Е6-4	3 Ом—200 МОм	± 2,5
Е6-5	1 Ом—9,999 МОм	± 1,0 ± 1 ед. сч.
Е6-9	100 Ом—10 МОм	± 0,07
Е6-10	100 Ом—1000 МОм	⩽ ± 4,0

Любительские конструкции измерителей сопротивлений

В любительской практике омметры по схемам на рис. 8-11, 8-12 обычно входят в состав вольтомметров, ампервольтомметров и других комбинированных измерительных

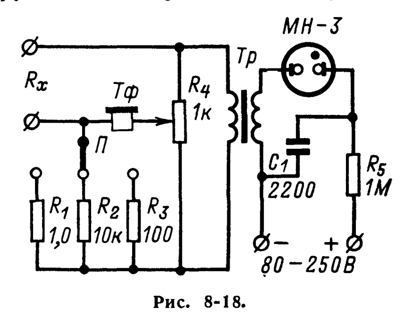


Рис. 8-18.

приборов. Популярностью у любителей пользуются простейшие мостовые измерители и омметры с равномерной шкалой.

Простейший мостовой измеритель сопротивлений (рис. 8-18). Мост питается от

RC-генератора (R_5, C_1, *Тр*, МН-3), вырабатывающего колебания с частотой 1 000 Гц. В качестве образцовых резисторов R_1, R_2, R_3, включаемых в одно из плеч моста, рекомендуется применять резисторы повышенной стабильности типа УЛИ, БЛП или МГП с допускаемым отклонением от номинальных сопротивлений не более ±1%. Балансировка моста производится переключением этих резисторов и регулировкой потенциометра R_4, снабжаемого шкалой сопротивлений, нанесенной на диск, укрепленный на оси потенциометра. Индикатор баланса — головные телефоны. В приборе можно применить малогабаритный трансформатор с отношением числа витков в обмотках от 1 : 1 до 1 : 10. Прибор позволяет измерять сопротивления от 10 Ом до 10 МОм с погрешностью не хуже 10—15%.

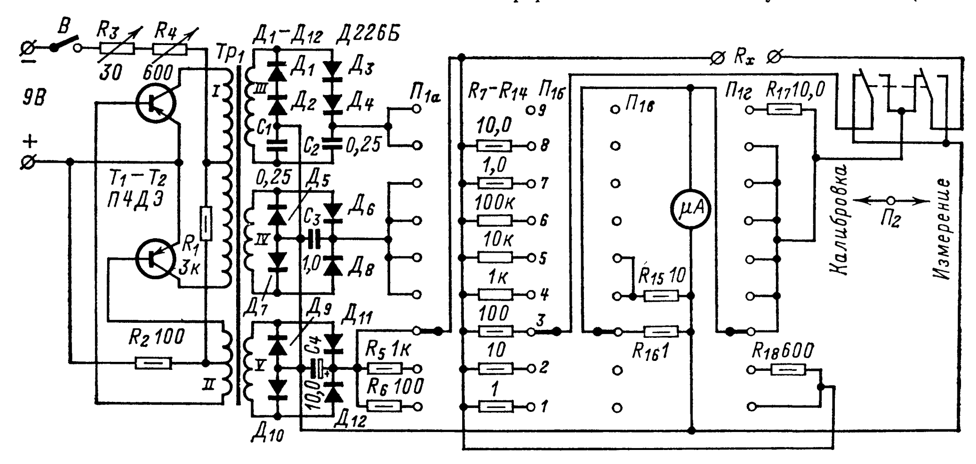


Рис. 8-19.

Омметр с равномерной шкалой (рис. 8-19). Принцип работы прибора на поддиапазонах 1—8 поясняет рис. 8-14. Омметр состоит из набора источников постоянного напряжения (батарея, преобразователь на транзисторах T_1—T_2 и на диодах $Д_1$—$Д_{12}$), измерителя магнитоэлектрической системы μ*A* с током предельного отклонения 100 мкА и сопротивлением рамки 500 Ом, переключателя пределов измерения $П_1$, набора образцовых резисторов R_7—R_{18} и переключателя $П_2$ *Калибровка—Измерение*. Роль установочного резистора R_y (рис. 8-14) выполняют проволочные резисторы R_3 и R_4. На девятом поддиапазоне омметр работает по последовательной схеме, аналогичной рис. 8-11, *а*. При этом подготовка прибора к измерению и измерения производятся в положении $П_2$ *Калибровка — Измерение*. При подготовке зажимы ≪ R_x ≫ замыкают накоротко (≪ 0 ≫ справа) и резисторами R_3, R_4 устанавливают ≪ 0 ≫ по второй (неравномерной) шкале омметра. На поддиапазонах 1—8 можно измерять сопротивления от 0 до 10 МОм с погрешностью в конце шкалы менее 1%. На поддиапазоне 9 (предел 500 МОм) погрешность на рабочем участке неравномерной шкалы не превышает 10%. При наладке прибора образцовые резисторы подбирают с погрешностью менее 1%. Выпрямитель $Д_9$—$Д_{12}$ должен давать 10 В, выпрямитель $Д_5$—$Д_8$ — 100 В и $Д_1$—$Д_4$ — 1 000 В. Магнитопровод трансформатора Ш16×12 из пластин пермаллоя 50Н. Обмотка *I* — 59 × 2 витков ПЭЛ 0,37; *II* — 60×2 витков ПЭЛ 0,16; *III* — 8000 витков ПЭЛ 0,09; *IV* — 1 500 витков ПЭЛ 0,12; *V* — 150 витков ПЭЛ 0,16.

Методы измерения емкостей и индуктивностей

Мостовой метод измерения емкости и индуктивности (см. рис. 8-15) применяют для измерения емкостей от нескольких сотен пикофарад до нескольких десятков микрофарад и больших индуктивностей (миллигенри, генри). При этом определяется комплексное сопротивление $Z_x = Z_1 Z_3 / Z_2$ и вычисляется измеряемая емкость

$$C_x \approx \frac{160\,000}{f z_x}$$

или индуктивность (при малом активном сопротивлении обмотки катушки)

$$L_x \approx \frac{160 z_x}{f},$$

где z_x — модуль комплексного сопротивления, кОм; f — частота питающего мост напряжения, кГц; C_x — измеряемая емкость, пФ; L_x — измеряемая индуктивность, мГ.

Сопротивление плеча моста, изменением которого добиваются баланса, может быть снабжено шкалой и градуировано в единицах емкости или индуктивности. Мост питают переменным напряжением частотой 50—1 000 Гц.

Емкости до 5 000 пФ и индуктивности до 100 мГ обычно измеряют резонансным или генераторным методом.

Резонансный метод измерения емкости (рис. 8-20). Измеряемую емкость C_x подклю-

чают параллельно конденсатору образцовой переменной емкости C_0; к зажимам L_x подключают катушку с индуктивностью L. Таким образом создается последовательный колебательный контур, который питается от генератора ВЧ с конденсатора C_2 емкостного делителя напряжения C_1C_2. Необходимые индуктивность катушки L или диапазон частот генератора ВЧ вычисляются по формулам:

$$L = 25\,300/[(C_0 + C_x + C_{вх2} + C_м) f^2];$$

$$f_{мин} = \sqrt{25\,300/[L(C_{о\cdot макс} + C_x + C_{вх2} + C_м)]};$$

$$f_{макс} = \sqrt{25\,300/[L(C_{о.мин} + C_x + C_{вх2} + C_м)]},$$

где f — частота генератора, МГц; C_0, пФ; L, мкГ; C_x — предполагаемое значение измеряемой емкости, пФ; $C_{вх2}$ — емкость входа электронного вольтметра V_2, пФ; $C_м$ — емкость монтажа контура, пФ.

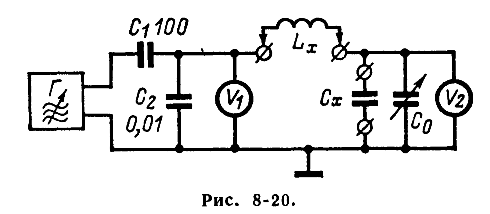


Рис. 8-20.

Для уменьшения погрешностей измерения необходимо соблюдение условия

$$C_2 \gg C_{о.макс} + C_x + C_{вх2} + C_м.$$

Возможны две методики измерения.

1. При минимальном значении образцовой емкости C_0 изменяют частоту генератора до резонанса контура (показания электронного вольтметра V_2 максимальны); при этом полная емкость контура

$$C_к = \frac{25\,300}{f^2 L}$$

и

$$C_x = C_к - (C_0 + C_{вх2} + C_м),$$

где f — частота генератора, при которой наступил резонанс, МГц; L — индуктивность контура, мкГ; $C_к$, C_x, C_0, $C_{вх2}$, $C_м$, пФ.

2. Не включая емкость C_x, при максимальной емкости $C_{о.макс}$ перестройкой частоты генератора добиваются резонанса. Затем подключают измеряемую емкость C_x и, не изменяя частоты генератора, перестройкой емкости конденсатора C_0 снова добиваются резонанса контура. Емкость

$$C_x = C_{о.макс} - C_{01};$$

где C_{01} — емкость конденсатора C_0 при подключенной емкости C_x.

Расширение пределов измерения емкости осуществляется параллельным или последовательным подключением к конденсатору C_0 дополнительных образцовых конденсаторов.

Резонансный метод измерения индуктивности. Измеряемая индуктивность подключается к зажимам L_x (рис. 8-20). Возможны две методики измерения.

1. При произвольном значении C_0 перестройкой частоты генератора добиваются резонанса контура и вычисляют индуктивность по формуле

$$L_x = 25\,300/[(C_0 + C_{вх2} + C_м) f^2].$$

2. При некоторой фиксированной частоте генератора f изменяют емкость конденсатора C_0 до наступления резонанса; L_x вычисляют по предыдущей формуле.

Генераторный метод измерения емкости и индуктивности (рис. 8-21). При отключенной измеряемой реактивности (C_x или L_x) подстроечным конденсатором $C_п$ частоты генераторов ВЧ-1 и ВЧ-2 приводятся к одному зна-

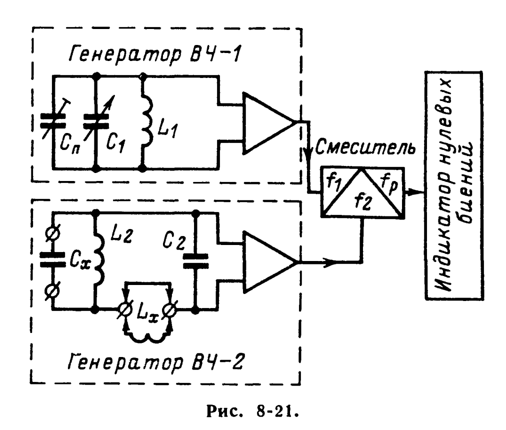


Рис. 8-21.

чению. Равенство частот определяется по «нулевым биениям». В качестве индикатора «нулевых биений» могут быть использованы головные телефоны.

Измеряемая емкость C_x подключается параллельно емкости C_2 контура генератора ВЧ-2. Затем емкость C_1 изменяется на величину ΔC_1 до получения «нулевых биений». Так как $L_1 = L_2$, то $C_x = \Delta C_1$.

Для измерения индуктивности после подготовки прибора к работе перемычка снимается и подключается измеряемая индуктивность L_x. Затем увеличением емкости C_1 на величину ΔC_1 снова добиваются «нулевых биений». Так как при этом

$$L_x = (L_1/C_2)\,\Delta C_1,$$

то отсчет величины L_x может производиться по шкале конденсатора C_1.

Измерение емкости электролитических конденсаторов. Измерение производится низкочастотным измерителем емкостей (например, мостом типа Е12-2). Электролитический конденсатор подключают к измерителю емкости по схеме на рис. 8-22. Разделительный конденсатор $C_р$ (бумажный или металлобумажный) должен иметь большие емкость и сопротивление постоянному току. Для умень-

шения погрешности измерения нужно, чтобы выполнялись условия:

$$C_р \geq 0{,}1\, C_x;$$

$$R \geq \frac{3\,200}{f\, C_x},$$

$$U_{C ном} > U > U_{mп},$$

где R — сопротивление развязывающего резистора, кОм; f — частота напряжения $U_{mп}$, возникающего на конденсаторе C_x при подключении его к измерителю емкости, Гц;

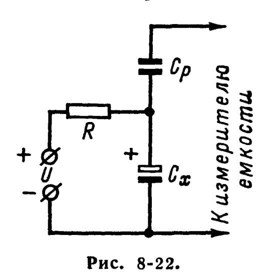


Рис. 8-22.

C_x — измеряемая емкость, мкФ; $U_{C ном}$ — номинальное напряжение электролитического конденсатора, В; $U_{mп}$ — амплитуда переменного напряжения на измеряемом конденсаторе, В.

Измеряемая емкость

$$C_x = C_р\, C_и / (C_р - C_и),$$

где $C_и$ — показание измерителя емкости.

Основные технические характеристики измерителей индуктивностей и емкостей приведены в табл. 8-7.

Таблица 8-7

Измерители индуктивностей и емкостей

Тип	Диапазон измерения	Основная погрешность
Мост Е12-2	10 пФ — 100 мкФ 10 мкГ — 100 Г	± 3% ± 3%
Генераторный измеритель Е12-1	0,05 мкГ—100 мГ 1 — 5000 пФ	± 5% ± 0,5% ± 0,4 пФ
Резонансный измеритель (куметр) Е9-4	0,1 мкГ — 100 мГ 0 — 425 пФ	± 5%

Среди любителей наиболее распространены измерители L и C мостового типа с простейшими индикаторами баланса — головными телефонами. Прибор для измерения емкостей или индуктивностей может быть построен по схеме, аналогичной изображенной на рис. 8-18, при соответствующей замене резисторов конденсаторами или катушками индуктивности.

8-4. КОМБИНИРОВАННЫЕ ЭЛЕКТРОРАДИОИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ПРИБОРЫ

Ампервольтомметры электромеханические

У большинства электромеханических вольтметров, амперметров и омметров используются высокочувствительные измерители магнитоэлектрической системы, поэтому целесообразно использовать один такой измеритель в единой конструкции для измерения напряжений, токов и сопротивлений. Такие комбинированные приборы получили название ампервольтомметров (табл. 8-8). Часто их называют также авометрами и тестерами.

На рис. 8-23 в качестве примера дана схема авометра типа Ц4325; его измеритель имеет ток полного отклонения 24 мкА. Диоды $Д_1$ и $Д_2$ предохраняют измеритель от перегрузок.

Радиотестеры

Электронные вольтметры и омметры имеют общий узел — УПТ (см. рис. 8-3, 8-12), поэтому экономически выгодно создание комбинированных электронных приборов вольтомметров. На базе вольтметра с УПТ может быть также создан комбинированный прибор для измерения напряжений, сопротивлений, емкостей более десятков пикофарад и индуктивностей порядка миллигенри, генри, например радиотестер ВК7-3 (рис. 8-24). При измерении сопротивлений резисторов образуется схема, подобная схеме на рис. 8-12, *б*. Аналогичная схема получается и при измерении емкостей и индуктивностей, но при этом цепь образцовый резистор R_0 — измеряемая реактивность (C_x или L_x) питается от силового трансформатора или выпрямителя прибора.

Напряжение на измеряемой реактивности пропорционально модулю полного сопротивления этой реактивности:

$$U_{вх} = [U_0/(R_0 + z_x)]\, z_x.$$

Модуль полного сопротивления конденсатора емкостью C_x равен:

$$|z_x| \approx 1/2\pi f\, C_x,$$

а индуктивности (при малом активном сопротивлении обмотки)

$$|z_x| \approx 2\pi f\, L_x.$$

Следовательно, шкалы измерителя *ИП* магнитоэлектрической системы можно проградуировать (по образцовым конденсаторам и катушкам индуктивностей) в единицах измерения C_x и L_x.

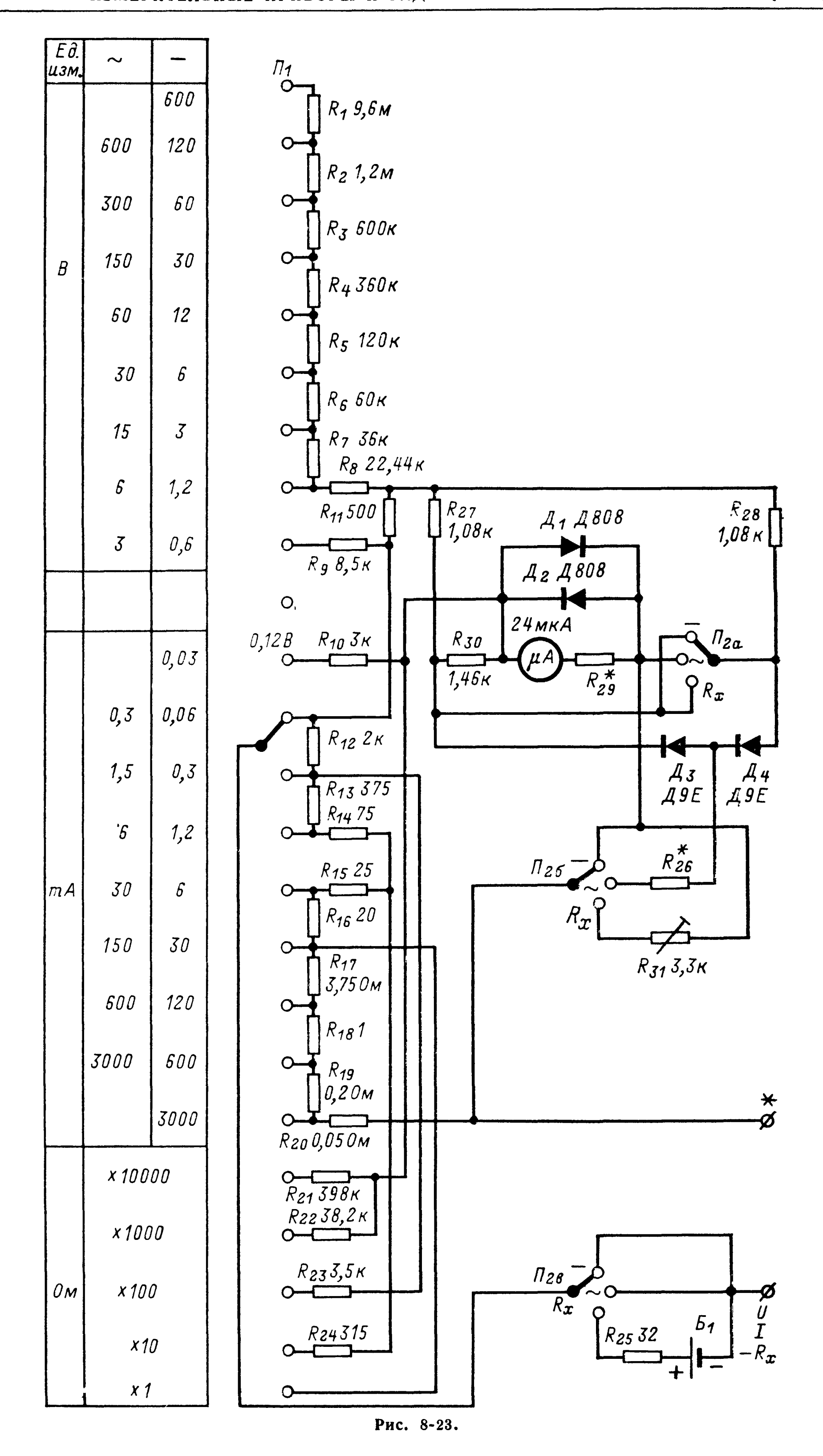
При активном сопротивлении обмотки катушки индуктивности R_x, соизмеримом с ее реактивным сопротивлением, измеряемая индуктивность более точно может быть вычислена по формуле

$$L_x = \sqrt{\left(\frac{U_{вх}}{U_{0\sim} - U_{вх}}\,\frac{R_0}{\omega}\right)^2 - \left(\frac{R_x}{\omega}\right)^2}.$$

Таблица 8-8

Ампервольтомметры

Характеристика приборов	Тип прибора					
	Ц56	Ц57	Ц430	Ц4312	Ц4325	Ц4341
Напряжение постояное $U_{=}$, В	0,075—0,3—1,5—7,5—15—60—150—300—600	0,075—3—7,5—15—30—150—300—600	0,75—3—6—15—60—150—300—600	0,075—0,3—7,5—30—60—150—300—600—900	0,6—1,2—3—6—12—30—60—120—600	0,3—1,5—6—30—60—150—300—900
Напряжение переменное $U_{\sim}$, В	0,3—1,5—7,5—15—60—150	3—7,5—15—30—150—300—600	3—6—15—60—150—300—600	0,3—1,5—7,5—30—60—150—300—600—900	3—6—15—30—60—150—300—600	1,5—7,5—30—150—300—750
Ток постоянный $I_{=}$, мА	0,3—1,5—6—15—60—150—600—1 500—6 000	0,15—3—15—60—300—1 500	—	0,3—1,5—6—15—60—150—600—1 500—6 000	0,03—0,6—0,3—1,2—6—30—120—600—3 000	0,06—0,6—6—60—600
Ток переменный $I_{\sim}$, мА	1,5—6—15—60—150—600—1 500—6 000	3—15—60—300—1 500	—	1,5—6—15—60—150—600—1 500—6 000	0,3—1,5—6—30—150—600—3 000	0,3—3—30—300
Сопротивление постоянному току, кОм	3—30—300—3 000	3—30—300—3 000	3—30—300—3 000	0,2—3—30—300—3 000	0,5—5—50—500—5 000	0,5—5—50—500—5 000
$I_{к0}$, $I_{э0}$, $I_{к.\,н}$, мкА	—	—	—	—	—	60
$h_{21э}$	—	—	—	—	—	70—350
Емкость, мкФ	—	$\leqslant 0,3$	—	—	—	$\leqslant 1,0$
Диапазон частот, Гц	45—10 000	45—1 000	60—10 000	45—10 000	45—20 000	45—15 000
Основная погрешность, %, при измерении:						
$U_{=}$	± 1,0	± 1,5	± 2,5	± 1,0	± 2,5	± 2,5
$U_{\sim}$	± 1,5	± 2,5	± 2,5	± 1,5	± 4,0	± 4,0
$I_{=}$, $I_{к0}$, $I_{э0}$, $I_{к.\,н}$	± 1,0	± 1,5	—	± 1,0	± 2,5	± 2,5
$I_{\sim}$	± 1,5	± 2,5	—	± 1,5	± 4,0	± 4,0
R	± 1,0	± 1,5	± 2,5	± 1,0	± 2,5	± 2,5
$B_{ст}$ ($h_{21Э}$)	—	—	—	—	—	± 5
Входное сопротивление, кОм/В, при измерении:						
$U_{=}$	3,3	6,7	8	0,67	20	20
$U_{\sim}$	—	—	—	0,67	4	2



Ед. изм.	~	—
В		600
	600	120
	300	60
	150	30
	60	12
	30	6
	15	3
	6	1,2
	3	0,6
mA		0,03
	0,3	0,06
	1,5	0,3
	6	1,2
	30	6
	150	30
	600	120
	3000	600
		3000
Ом	x10000	
	x1000	
	x100	
	x10	
	x1	

Рис. 8-23.

Таблица 8-9

Комбинированные электронные приборы (радиотестеры)

Тип	Диапазон измерения		Погрешность, %	$R_{вх}$; $C_{вх}$
ВК7-3	$U_\sim$	0,1—1 000 В *	± 5 (при f=50 Гц) ± 12 (при f=100 МГц)	4,3 МОм; 7 пФ (на f=50 Гц)
	$U_=$	0,1—1 000 В	± 4	
	R	1 Ом—100 МОм	± 10	
	L	0,1—100 000 Г	± 15	
	C	100 пФ—100 мкФ	± 15	
ВК7-9	$U_\sim$	0,3—1 000 В **	± 6	50 кОм; 20 пФ
	$U_=$	0,1—500 В	± 2,5	15 МОм
	R	10 Ом—10 МОм	± 4	
ВК2-6	$U_=$	10 мВ—1 000 В	± 0,2 ± 1 ед. сч.	1 МОм
	R	10 Ом—1 999 кОм	± 0,3 ± 1 ед. сч.	
ВК7-10	$U_\sim$	10 мВ—300 В ***	$\pm(1{,}0+0{,}2U_{пред}/U_x)$	1 МОм; 150 пФ
	$U_=$	10 мВ—1 000 В	$\pm(0{,}1+0{,}1U_{пред}/U_x)$	
	R	10 Ом—10 МОм	$\pm(0{,}3+0{,}2R_{пред}/R_x)$	

* Рабочий диапазон частот 20 Гц — 100 МГц.
** Рабочий диапазон частот 20 Гц — 700 МГц.
*** Рабочий диапазон частот 20 ГЦ — 20 кГц.

Характеристики некоторых комбинированных электронных измерительных приборов промышленного изготовления приведены в табл. 8-9.

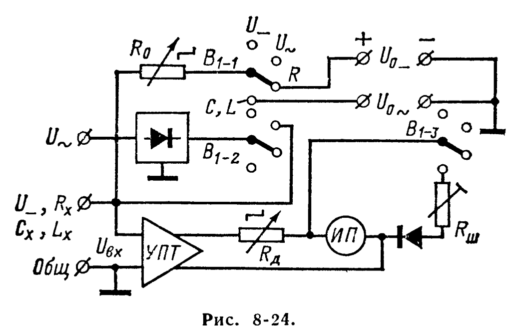


Рис. 8-24.

Измеритель *RLC* «Спутника радиолюбителя»

Для радиолюбителей промышленность выпускает комплект малогабаритных электрорадиоизмерительных приборов под названием «Спутник радиолюбителя». В комплект входят: измеритель *RLC*, звуковой генератор и блок питания. Размеры каждого блока комплекта 220 × 140 × 110 мм. Схемно блоки весьма просты, и приборы легко могут быть воспроизведены радиолюбителями.

Измеритель ***RLC*** (рис. 8-25) собран по мостовой схеме и питается от внешнего источника (генератора) напряжением 0,5—0,7 В с частотой 1—5 кГц. Он позволяет измерять: индуктивность катушек от 20 до 500 мГ; емкость конденсаторов от 20 пФ до 0,05 мкФ; сопротивления резисторов или цепей от 20 Ом до 500 кОм. Погрешность измерения не превышает ±20%. Балансировка моста осуществляется потенциометром R_4, снабженным шкалой *Множитель*. Искомая величина равна произведению показания потенциометра R_4 на номинал образцового

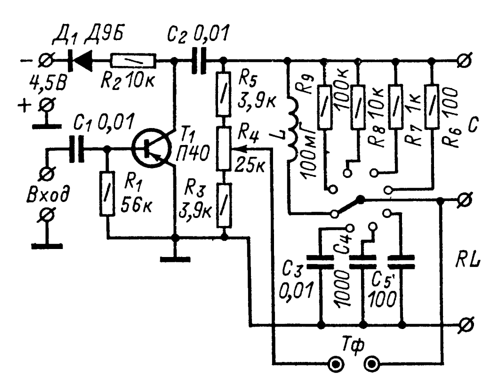


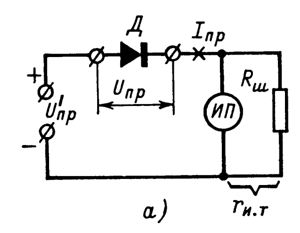
Рис. 8-25.

элемента, включаемого в качестве плеча моста. В цепь питания моста включен усилитель на транзисторе T_1. Он повышает чувствительность измерителя и уменьшает воздействие моста на внешний генератор, подключаемый к гнездам *Вход*.

При воспроизведении схемы сопротивления резисторов, емкости конденсаторов и индуктивность катушки не должны отличаться от номиналов, указанных в схеме, более чем на ±5%.

Проверка полупроводниковых диодов

В радиолюбительских условиях испытание диодов сводится к проверке их на обрыв и к измерению прямых $I_{пр}$ и обратных $I_{обр}$ токов в схемах, приведенных на рис. 8-26. Результаты измерения этих параметров зависят от величины приложенных к диодам напряжений. Поэтому при испытании диодов



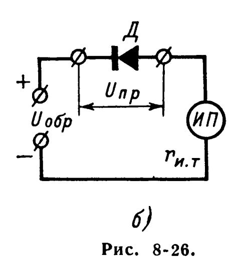


Рис. 8-26.

следует применять напряжения, указанные в соответствующих таблицах § 10-4. При выборе микроамперметра и шунтирующего резистора $R_ш$ к нему нужно исходить из того, что для большинства универсальных диодов $U_{пр} = 1 \div 2$ В, $I_{пр}$ может быть от единиц до сотен миллиампер, а $I_{обр}$ — от долей до нескольких сотен микроампер. Для выпрямительных диодов $U_{пр} = 0{,}5 \div 1$ В, $I_{пр}$ — до нескольких сотен миллиампер, а $I_{обр}$ — несколько микроампер.

Для уменьшения погрешности измерения прямого и обратного токов необходимо выполнение условий

$$U'_{пр} = U_{пр} + I_{пр}\, r_{и.т};$$
$$U_{обр} = U_{пр} + I_{обр}\, r_{и.т},$$

где $r_{и.т}$ — сопротивление измерителя тока.

Измерение параметров транзисторов

При проверке транзисторов радиолюбители обычно ограничиваются измерением обратного тока коллектора $I_{к0}$ (схема измерения приведена на рис. 8-27, *а*) или начального тока коллектора $I_{к.н}$ (рис. 8-27, *б*) и одного из коэффициентов передачи тока.

При измерении $I_{к.н}$ между эмиттером и базой транзистора включают резистор R, если это предусмотрено условиями измерения. Полезно измерить обратный ток эмиттера $I_{э0}$ в схеме на рис. 8-27, *в*, однако необходимо проявлять особую осторожность при такой проверке высокочастотных и других транзисторов с диффузионным эмиттерным переходом: даже небольшое превышение напряжения на этом переходе выше допустимого может привести к выходу транзистора из строя.

Режимы измерения упоминаемых параметров транзисторов приведены в таблицах § 10-5.

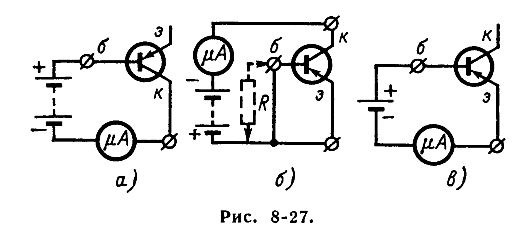


Рис. 8-27.

Коэффициент передачи тока $h_{21э} = \Delta I_к / \Delta I_б$ можно измерить с помощью схемы на рис. 8-28 по следующей методике. Уменьшая сопротивление резистора R_1, устанавливают указанный в соответствующей таблице ток $I_{к1}$ и записывают величину тока $I_{б1}$.

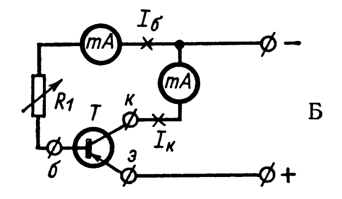


Рис. 8-28.

Затем с помощью R_1 несколько увеличивают эти токи, записывают их новые значения $I_{к2}$, $I_{б2}$ и вычисляют значение коэффициента передачи тока по формуле

$$h_{21э} = \frac{I_{к2} - I_{к1}}{I_{б2} - I_{б1}}.$$

Для уменьшения погрешности измерения нужно брать источник тока с малым внутренним сопротивлением.

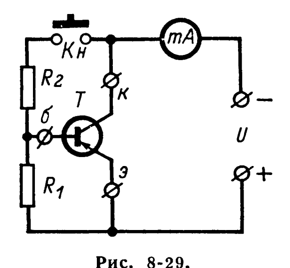


Рис. 8-29.

Статический коэффициент передачи тока

$$B_{ст} = \frac{I_к - I_{к0}}{I_б + I_{к0}} \approx \frac{I_к}{I_б},$$

так как обычно $I_{к0} \ll I_к$, $I_{к0} \ll I_б$.

Коэффициент $B_{ст}$ можно измерить с помощью схемы на рис. 8-29, где $R_1 \gg r_{б.э}$ и $R_2 \gg r_{б.э}$ ($r_{б.э}$ — сопротивление участка

база — эмиттер транзистора); при этом $I_б \approx \approx U/R_2 = \text{const}$ и, следовательно,

$$B_{ст} \approx (R_2/U)\, I_к = K\, I_к,$$

где K — постоянный множитель; U — напряжение батареи.

Резистор R_2 должен иметь сопротивление

$$R_2 = B_{ст.макс}\, U/I_{пред},$$

где $B_{ст.макс}$ — верхний предел измерения; $I_{пред}$ — ток предельного отклонения указателя миллиамперметра, мА; U — напряжение батареи, В; R_2 — сопротивление, кОм.

Испытатель диодов и транзисторов рис. 8-30) позволяет измерять $I_{к0}$, $I_{э0}$, $I_{к.н}$ и $B_{ст}$ транзисторов структуры *p-n-p* и *n-p-n*, проверять их «на генерацию» на низкой частоте, а также измерять прямой и обратный токи диодов (при напряжении 4 В). Прибор также может служить источником низкочастотного напряжения.

При указанных в схеме номиналах можно измерять неуправляемые токи транзисторов $I_{к0}$, $I_{э0}$, $I_{к.н}$ и обратные токи диодов до 200 мкА, прямые токи диодов — до 20 мА и $B_{ст}$ до 200.

Микроамперметр прибора имеет $I_{пред} = 200$ мкА, $r_и = 650$ Ом. При другом $r_и$ или при необходимости расширить пределы измерения $B_{ст}$ транзисторов или $I_{пр}$ диодов нужно изменить сопротивление шунтирующего резистора R_3.

Трансформатор $Тр_1$: обмотка I — 100 + + 20 витков ПЭЛ 0,25; обмотка II — 1 600 витков ПЭЛ 0,08: сердечник Ш9 × 10.

Режим проверки устанавливается с помощью переключателя $П_4$. Положение «=» соответствует режиму постоянного тока (измерение $I_{к0}$, $I_{э0}$, $I_{к.н}$ транзисторов и $I_{пр}$, $I_{обр}$ диодов), а положение «~» при замкнутом B_1 — низкочастотному генераторному режиму транзистора.

Испытуемый диод подключают к зажимам *э* и *к* в соответствующей полярности. Для измерения прямого тока диода переключатель $П_3$ должен быть замкнут, а при измерении обратного тока — разомкнут.

Для измерения токов $I_{к0}$, $I_{э0}$, $I_{к.н}$ транзистор подключается к прибору в соответствии со схемами на рис. 8-27. При испытании транзисторов структуры *p-n-p* переключатели $П_1$, $П_2$ должны находиться в нижнем (по схеме) положении, а при испытании транзисторов структуры *n-p-n* — в верхнем.

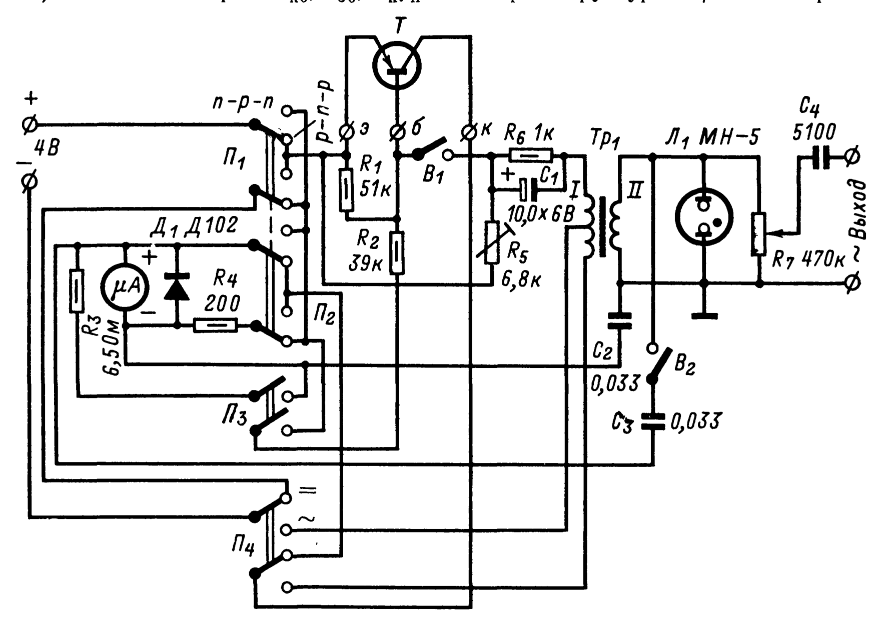


Рис. 8-30.

Статический коэффициент передачи тока $B_{ст}$ измеряется в устройстве по схеме на рис. 8-29 при замкнутом переключателе $П_3$; при этом микроамперметр шунтируется резистором $R_3 = 6{,}5$ Ом, что расширяет его предел измерения до 20 мА. Так как $R_2 = 39$ кОм, то для всех испытываемых транзисторов $I_б \approx 0{,}1$ мА и верхняя предельная отметка шкалы измерителя соответствует $B_{ст} = 200$.

Для испытания транзистора «на генерацию» на низкой частоте переключатель $П_4$ нужно поставить в положение «~» и замкнуть выключатель B_1 (переключатель $П_3$ разомкнут). При этом образуется генератор НЧ с автотрансформаторной связью. Генерации добиваются при малом сопротивлении резистора R_5. Индикатор генерируемого напряжения — неоновая лампа $Л_1$ и микроамперметр, шунтированный диодом (при замкнутом выключателе B_2). Регулировка сопротивления R_5 позволяет ориентировочно оценивать коллекторный ток транзистора в генераторном режиме и сравнивать

однотипные транзисторы по этому параметру: большему сопротивлению R_5, при котором происходит срыв колебаний, соответствует меньший коллекторный ток.

Для получения от прибора НЧ напряжения к нему нужно подключить заведомо исправный транзистор с $В_{ст} = 30 \div 40$. При этом на выходе можно получить богатое гармониками напряжение 0—30 В (выключатель B_2 разомкнут) или близкое к синусоидальному напряжение в пределах 0—15 В (B_2 замкнут).

8-5. ИЗМЕРЕНИЕ ЧАСТОТЫ И ДЛИНЫ ВОЛНЫ

Методы измерения частоты и длины волны

Конденсаторный метод. Принцип измерения частоты этим методом иллюстрируется рис. 8-31. Конденсатор C подключается периодически переключателем $П$ к источнику

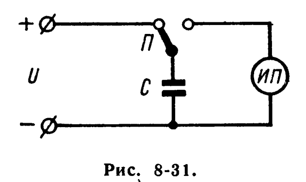


Рис. 8-31.

тока на заряд и на разряд через измеритель $ИП$ магнитоэлектрической системы. Если переключение осуществляется с частотой $f_и$ и фиксированы напряжения, до которых заряжается (U_1) и разряжается (U_2) конденсатор, то через измеритель будет протекать ток разряда, среднее значение которого

$$I_0 = C(U_1 - U_2) f_и.$$

Этот метод использован в конденсаторном частотомере (рис. 8-32), где роль переключателя выполняет транзистор T_1, который в отрицательные полупериоды исследуемого сигнала открыт и подключает один из конденсаторов C_2 — C_5 к батарее на заряд. При этом конденсатор заряжается по цепи плюс батареи — конденсатор — открытый диод $Д_1$ — минус батареи. В положительные полупериоды транзистор закрыт и конденсатор разряжается по цепи левая обкладка конденсатора — резистор R_3 — измеритель $ИП$ — открытый диод $Д_2$ — правая обкладка конденсатора. Так как постоянные времени цепей заряда и разряда конденсатора много меньше полупериода исследуемого сигнала, среднее значение тока, протекающего через измеритель, практически равно $I_0 = C_{2-5} U f_и$, где U — напряжение батареи. Следовательно, отклонение указателя измерителя $ИП$ пропорционально измеряемой частоте и шкала измерителя частот линейна.

Для нормальной работы частотомера его входное напряжение должно быть 0,5—10 В.

В частотомере применен измеритель с током предельного отклонения 50 мкА. Диапазон измеряемых частот 0—100 кГц разбит на поддиапазоны с верхними пределами 0,1; 1; 10; 100 кГц.

Для повышения точности измерения проводится (реостатом R_4) предварительная калибровка прибора на предельных частотах поддиапазонов (с помощью внешнего измерительного генератора) или необходимо включение конденсаторов с малыми отклонениями от номиналов, указанных в схеме.

Гетеродинный метод. Этот метод измерения частоты основан на сравнении частоты измеряемого напряжения $f_и$ и известной частоты образцового генератора $f_г$. О равенстве частот судят по нулевым биениям — пропаданию звука в телефоне-индикаторе (или по показаниям вольтметра переменного напряжения), когда $f_и = f_г$.

В состав гетеродинного частотомера обычно входят: перестраиваемый маломощный генератор (гетеродин), смеситель и индикатор нулевых биений. Простой гетеродинный частотомер (рис. 8-33) предназначен для измерения частот от 50 кГц до 30 МГц. Для работы в столь широком диапазоне используются гармоники частоты гетеродина на транзисторе T_1. Исследуемый сигнал подается на зажим A. Роль смесителя выполняет диод $Д_1$. Индикатор нулевых биений — головные телефоны $Тф$ с УНЧ на транзисторе T_2.

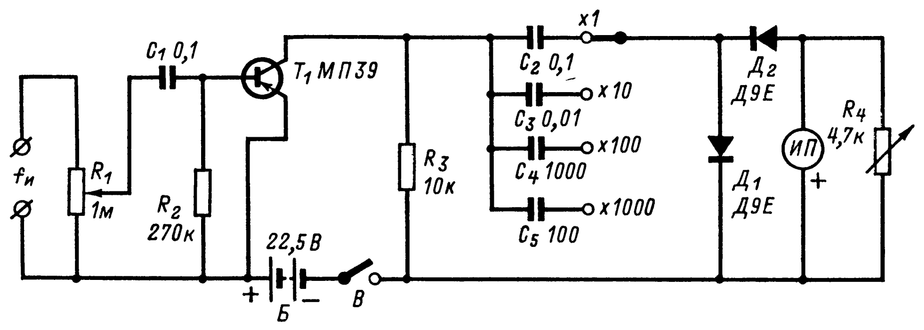


Рис. 8-32.

Погрешность измерения частоты определяется погрешностью градуировки шкалы частот гетеродина.

Для определения частоты, если номер гармоники неизвестен, нужно: добиться ну-

левых биений при основной частоте гетеродина (по его шкале) $f_{г1}$; плавно уменьшая частоту гетеродина, добиться снова нулевых биений при основной частоте гетеродина $f_{г2}$; вычислить номер гармоники

$$n = f_{г2}/(f_{г1} - f_{г2})$$

и измеряемую частоту

$$f_и = n f_{г1}.$$

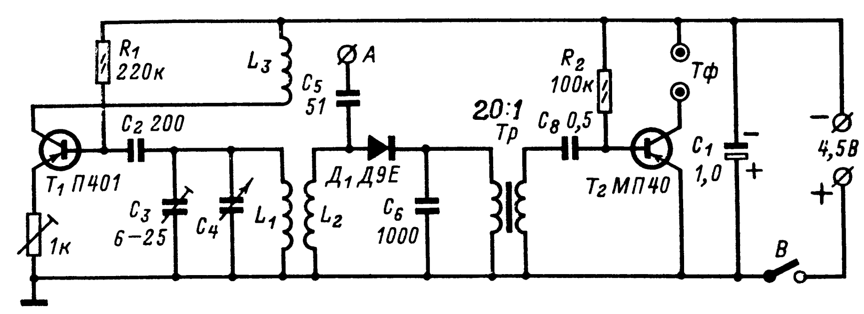


Рис. 8-33.

Элементы колебательного контура гетеродина рассчитывают по формулам из § 1-1.

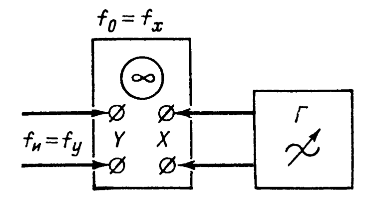


Рис. 8-34.

Осциллографический метод. Этот метод применяют для измерения частот синусоидальных и импульсных напряжений до 100 кГц. Для измерения частот синусоидальных колебаний удобен метод интерференционных фигур (фигур Лиссажу). Для измерения частоты необходимы образцовый генератор и осциллограф (рис. 8-34). При измерении частоты $f_и$ частоту

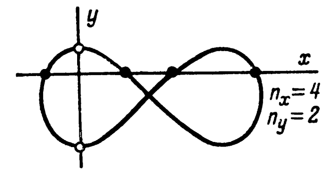


Рис. 8-35.

f_0 образцового генератора *Г* изменяют до получения устойчивого изображения некоторой фигуры (например, изображенной на рис. 8-35 или другой). Устойчивое изображение наблюдается при определенных отношениях частот, для нахождения которых нужно поступать следующим образом. Через изображение полученной фигуры мысленно проводят две линии, горизонтальную x и вертикальную y, не проходящие через узлы фигуры (рис. 8-35). Отношение числа пересечений фигуры с горизонтальной линией n_x к числу пересечений с вертикальной линией n_y равно отношению периодов напряжений, поданных на соответствующие входы осциллографа ($n_x/n_y = T_x/T_y$), или обратно отношению частот этих напряжений ($n_x/n_y = f_y/f_x$). Метод применим при отношении частот до 5.

Метод разрывов. Для измерения частоты по этому методу кроме образцового генератора *Г* необходим фазорасщепитель *Ф* (рис. 8-36, *а*) — устройство, на выходе которого получают два напряжения одной частоты, но сдвинутых по фазе на 90° (обеспечивают круговую развертку луча электроннолучевой трубки осциллографа).

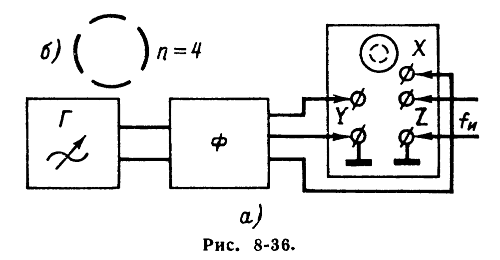


Рис. 8-36.

Осциллограф должен иметь вход, соединенный непосредственно или через усилитель с управляющим электродом электроннолучевой трубки осциллографа (*Вход Z*). Напряжение, частота $f_и$ которого измеряется, подключается к этому входу. Измерение $f_и$ сводится к процессу перестройки частоты образцового генератора f_0 до получения устойчивого изображения окружности (или эллипса) с чередующимися светлыми и темными дугами. Подсчитав число разрывов n, вычисляют значение измеряемой частоты: $f_и = nf_0$. На рис. 8-36, *б* для примера показано изображение, соответствующее $n = 4$. Для исключения ошибки неоднозначности осциллограф нужно регулировать так, чтобы под действием исследуемого импульсного напряжения происходило «гашение» изображения (получалась темная часть окружности). При измерении этим методом частоты синусоидального напряжения следует доби-

ваться устойчивой фигуры с примерно равными светлыми и «темными» дугами.

Метод разрывов изображения позволяет уверенно измерять частоты в 10—15 раз большие, чем максимальная частота образцового генератора ($n \leqslant 10 \div 15$).

Резонансный метод. В диапазоне радиочастот до УКВ для измерения частоты используют резонансные свойства электрических цепей.

Резонансные частотомеры (или волномеры) — это колебательные системы, настраиваемые в резонанс на измеряемую частоту $f_и$ возбуждающих их колебаний (рис. 8-37).

В резонансном частотомере-волномере диапазона радиочастот (рис. 8-37) к исследуемому источнику колебаний (например, к контуру генератора) приближают катушку индуктивности волномера L или соединяют его

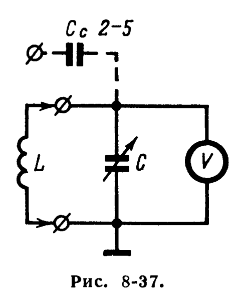


Рис. 8-37.

с источником через емкость C_c. Контур частотомера настраивают в резонанс изменением образцовой емкости C. Момент резонанса определяют по максимальному (максимум-максиморум) показанию электронного вольтметра переменного тока с большим входным сопротивлением и малой входной емкостью, которая учитывается при градуировке конденсатора C. При известной индуктивности контура L частота исследуемого источника колебаний

$$f_и = \frac{159}{\sqrt{LC}},$$

где $f_и$, МГц; L, мкГ; C, пФ.

Подобные частотомеры обычно снабжаются градуировочными графиками $f_и = F(C)$ или таблицами, которые изготавливаются при градуировке.

Резонансный волномер диапазона УКВ представлен на рис. 8-38. Индуктивность контура L_2 представляет собой кольцо из толстого медного провода. Величина индуктивности, включенной в контур, определяется размерами кольца и положением ползунка $П$. Изменение пределов измерения возможно также путем замены конденсатора C_1. Диод $Д$, ФНЧ ($C_2C_3Др$), резистор R_1 и микроамперметр магнитоэлектрической системы образуют индикатор резонанса: L_1 — виток связи.

Возможны иные конструкции резонансного контура волномера диапазона УКВ. Например, изменение индуктивности контура можно производить введением в катушку индуктивности диамагнитного сердечника или осуществлять его перестройку переменным конденсатором малой емкости при постоянной индуктивности контура.

В диапазоне УКВ для измерения длины волны применяют также двухпроводные и коаксиальные *измерительные линии*, разомкнутые или короткозамкнутые на одном конце. Энергия колебаний, длина волны

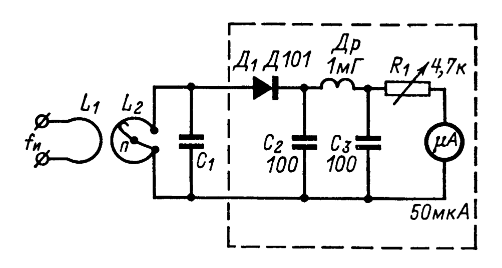


Рис. 8-38.

которых измеряется, подводится к другому концу линии.

Разомкнутая (или замкнутая) линия характеризуется тем, что в ней устанавливаются стоячие волны напряжения и тока. Расстояние между ближайшими минимумами (или максимумами) напряжения и тока равно полуволне ($\lambda/2$) колебания, подведенного к линии. Места расположения этих минимумов (или максимумов) находят при помощи перемещаемых вдоль линии простейших выпрямительных вольтметров или миллиамперметров (аналогичных вольтметру в схеме на рис. 8-38), которые связываются с измерительной линией посредством петли или штыря связи.

Частотомеры промышленного изготовления

В промышленных частотомерах (волномерах) кроме перечисленных широко распространены электронно-счетные методы измерения частоты (ЭСЧ). Основные технические характеристики некоторых частотомеров промышленного изготовления приведены в табл. 8-10.

Гетеродинные индикаторы резонанса

Гетеродинные индикаторы резонанса (ГИР) широко применяются в радиолюбительской практике при налаживании радиоприемных и радиопередающих устройств. ГИР может использоваться как маломощный источник сигналов, частотомер, индикатор напряженности поля, для измерений емкостей и индуктивностей. Основой ГИР является маломощный генератор, работающий в широком диапазоне радиочастот и объединенный в коструктивное целое с чувствительным вольтметром переменного тока или измерителем магнитоэлектрической системы. Иногда ГИР входят в сложные комбинированные измерительные приборы.

Таблица 8-10

Частотомеры

Тип	Диапазон частот	Погрешность измерения	Чувствительность (напряжение или мощность на входе)	Метод измерения
Ч3-1	10 Гц — 200 кГц	± 2%	4—200 В	Конденсаторный
Ч3-7	10 Гц — 500 кГц	± 2%	0,1—300 В	Конденсаторный
Ч4-1	0,125 — 20 МГц	$\leqslant$ 400 Гц	1 В	Гетеродинный
Ч4-9	20 МГц — 1 ГГц	$\pm 5 \cdot 10^{-6}$	0,05 В	Гетеродинный
Ч2-1А	0,8 — 12 МГц	± 0,25%	1 мВт	Резонансный
Ч2-2	40 — 180 МГц	± 0,5%	0,8 мВт	Резонансный
Ч3-9	10 Гц — 1 Мгц	$\pm 5 \cdot 10^{-6} \pm 1$ ед. сч.	0,05—100 В	ЭСЧ
Ч3-12	10 Гц — 10 МГц	$\pm 10^{-7} \pm 1$ ед. сч.	0,1—100 В	ЭСЧ

Транзисторный ГИР на диапазон частот 4—30 МГц представлен на рис. 8-39. Катушка L_1 выполнена на каркасе диаметром 5 мм и содержит 5 + 15 витков, намотанных в ряд проводом ПЭЛ 0,29. Внутрь каркаса введен сердечник диаметром 2,8 мм и длиной 12 мм из феррита 600НН. Конденсатор C_1 — двухсекционный фирмы «Тесла»; секции соединены параллельно. Для расширения диапазона частот нужно изготовить несколько сменных катушек индуктивности.

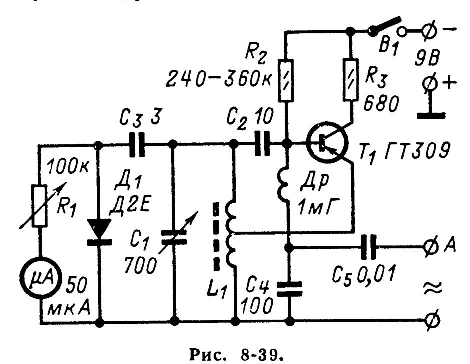


Рис. 8-39.

Наличие колебаний в контуре и их относительная амплитуда измеряются простейшим вольтметром переменного тока, в который входят $Д_1$, μA, R_1, подключенные к контуру через малую емкость C_3. Чувствительность вольтметра регулируется реостатом R_1.

Измерение собственной частоты колебательного контура. Замыкается цепь питания транзистора и ГИР переводится в режим непрерывной генерации. Катушка ГИР, жестко укрепленная на его корпусе, индуктивно связывается с исследуемым контуром. Изменением емкости конденсатора C_1 настраивают контур на резонансную частоту контура $f_{рез}$. Момент резонанса определяют по резкому уменьшению показаний вольтметра (по минимум-миниморуму), вызванному отсосом энергии из контура ГИР исследуемым контуром. Для повышения точности измерений в процессе измерения связь ГИР с контуром уменьшают до минимально возможной. Частота собственных колебаний исследуемого контура определяется по шкале частот ГИР.

Измерение индуктивности L_x. Собирают колебательный контур из измеряемой индуктивности и конденсатора известной емкости C_0 [пФ]. Используя ГИР, определяют собственную частоту колебаний этого контура $f_{рез}$ [МГц]. Искомая индуктивность

$$L_x = \frac{25\,300}{C_0 f^2_{рез}}, \text{ мкГ}.$$

Измерение емкости C_x. Нужно иметь катушки известных индуктивностей L_0. Измерение производят аналогично измерению L_x, а емкость вычисляют по формуле

$$C_x = 25\,300 / L_x f^2_{рез}.$$

ГИР можно использовать как сигнал-генератор непрерывных или АМ колебаний при настройке радио- и телевизионных приемников. Для получения АМ колебаний от ГИР на его вход *А* нужно подать небольшое (примерно 0,5 В) напряжение НЧ от звукового генератора или сети переменного тока.

ГИР может быть использован как резонансный волномер или индикатор наличия электромагнитного поля (при выключенном коллекторном напряжении) для налаживания радиопередатчика или его антенно-фидерных цепей.

8-6. ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ГЕНЕРАТОРЫ

Генераторы низких частот

Измерительными генераторами (ИГ) называют устройства, вырабатывающие испытательные электрические колебания различной частоты, амплитуды и формы. В диапазоне НЧ (20 Гц—20 кГц) наибольшее применение имеют ИГ синусоидальных колебаний; в зависимости от типа задающего генератора они делятся на *LC*-генераторы, *RC*-генераторы и генераторы «на биениях».

Задающий генератор измерительного *LC*-генератора представляет собой самовоз-

буждающуюся схему с колебательным контуром, состоящим из катушки индуктивности и конденсатора. Частота собственных колебаний такого контура f [Гц] определяется индуктив-

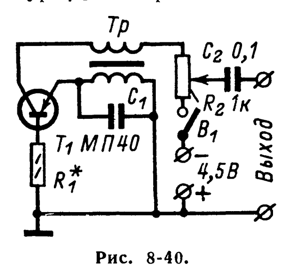


Рис. 8-40.

ностью L [Г] и емкостью C [мкФ] конденсатора:

$$=\frac{159}{\sqrt{LC}}.$$

Для получения НЧ колебаний контур ИГ должен состоять из больших индуктивности и емкости, что затрудняет создание малогабаритного генератора, перестраиваемого в диапазоне частот. Поэтому LC-генераторы обычно выполняют на одну или несколько фиксированных частот, которые устанавливаются переключением конденсаторов контура.

Простой задающий LC-генератор низкой частоты (рис. 8-40). Частота колебаний зависит от параметров примененного трансформатора *Тр* и емкости конденсатора C_1. Форма колебаний регулируется подбором сопротивления резистора R_1. Потенциометр R_2 — регулятор выходного напряжения.

RC-генераторы. Их ЗГ строят на базе усилителя, охваченного положительной обратной связью, достаточной для самовозбуждения незатухающих колебаний. Для получения колебаний, близких по форме к синусоидальным, в цепь обратной связи вводят фазирующие цепочки, благодаря которым фазовые условия самовозбуждения выполняются лишь на одной частоте. Частоту генерации регулируют изменением сопротивлений резисторов и емкостей конденсаторов, входящих в фазирующую цепочку.

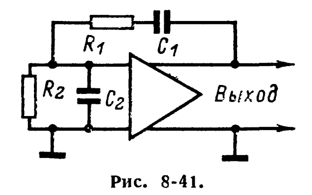


Рис. 8-41.

Наиболее распространены задающие RC-генераторы с двухкаскадными усилителями (рис. 8-41). Частота генерируемых ими колебаний

$$f=\frac{159}{\sqrt{R_1R_2C_1C_2}},$$

где f, кГц; R_1, R_2, кОм; C_1, C_2, мкФ, — сопротивления резисторов и емкости конденсаторов фазирующих цепочек.

Если $R_1 = R_2 = R$ и $C_1 = C_2 = C$, то

$$f=\frac{159}{RC},$$

а коэффициент усиления усилителя по напряжению при разомкнутой цепи положительной обратной связи должен быть равен 3. Поскольку двухкаскадные резистивно-конденсаторные усилители имеют значительно большее усиление, представляется возможным введение в такой ЗГ отрицательной обратной связи (часто автоматически регулируемой), что способствует получению колебаний более стабильных по амплитуде и лучших по форме.

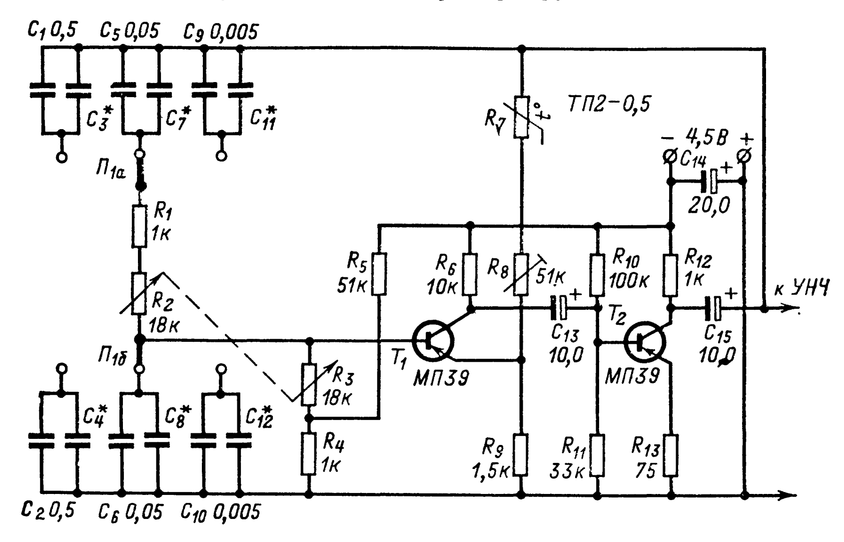


Рис. 8-42.

Двухкаскадный задающий *RC*-генератор с диапазоном частот 20 Гц — 20 кГц

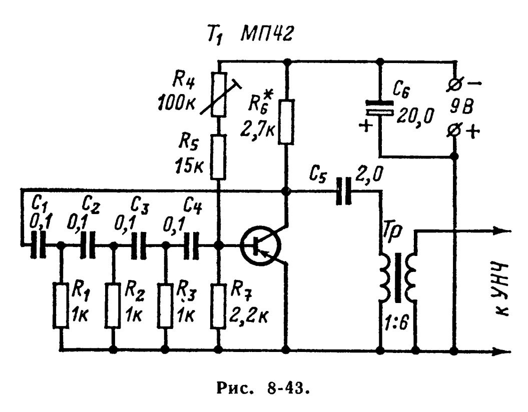


Рис. 8-43.

(рис. 8-42). Терморезистор R_7 и резисторы R_8, R_9 образуют цепь отрицательной обратной связи, автоматически поддерживающую выходное напряжение ЗГ на выбранном уровне. Форма колебаний регулируется резистором R_8. Конденсаторы C_3, C_4, C_7, C_8, C_{11}, C_{12} подбираются при подгонке поддиапазонов к шкале частот генератора. Шкала (или указатель шкалы) укрепляется на оси спаренного потенциометра R_2R_3.

Однокаскадный задающий *RC*-генератор с параметрами, указанными на рис. 8-43, вырабатывает колебания с частотой 1 000 Гц. Изменение частоты в пределах 850—1100 Гц можно осуществить резистором R_4. Резистор R_6 подбирается при настройке генератора. Его сопротивление зависит от типа примененного трансформатора.

Усилитель однокаскадного ЗГ должен иметь коэффициент усиления по напряжению $K \geqslant 19$ при показанной на схеме четырехзвенной фазирующей цепочке и $K \geqslant 29$ при трехзвенной.

Частота генерируемых колебаний f [кГц] ЗГ с трехзвенной цепью

$$f \approx 0{,}065 / RC$$

и ЗГ с четырехзвенной цепью

$$f = 0{,}133 / RC,$$

где $R_1 = R_2 = R_3 = R_7 = R$ [кОм] и $C_1 = C_2 = C_3 = C_4 = C$ [мкФ].

Измерительный генератор комплекта измерительных приборов «Спутник радиолюбителя» (рис. 8-44). Возбудитель его выполнен по схеме рис. 8-41. Генератор дает восемь фиксированных частот: 100 и 400 Гц; 1; 3; 5; 8; 10 и 15 кГц с погрешностью, не превышающей ±20%. Выходные напряжения: регулируемое *Выход 1* $\leqslant 0{,}25$ В (при нагрузке 3 200 Ом); нерегулируемое *Выход 2* —0,7 В. Гнезда «Вх» и «Тф» позволяют использовать генератор как пробник при проверке целостности электрических цепей. При необходимости иметь плавную перестройку частоты резисторы R_8 и R_1 нужно заменить спаренными потенциометрами (см. рис. 8-42), а последовательно с конденсаторами C_4—C_{11} включить небольшие реостаты подстройки.

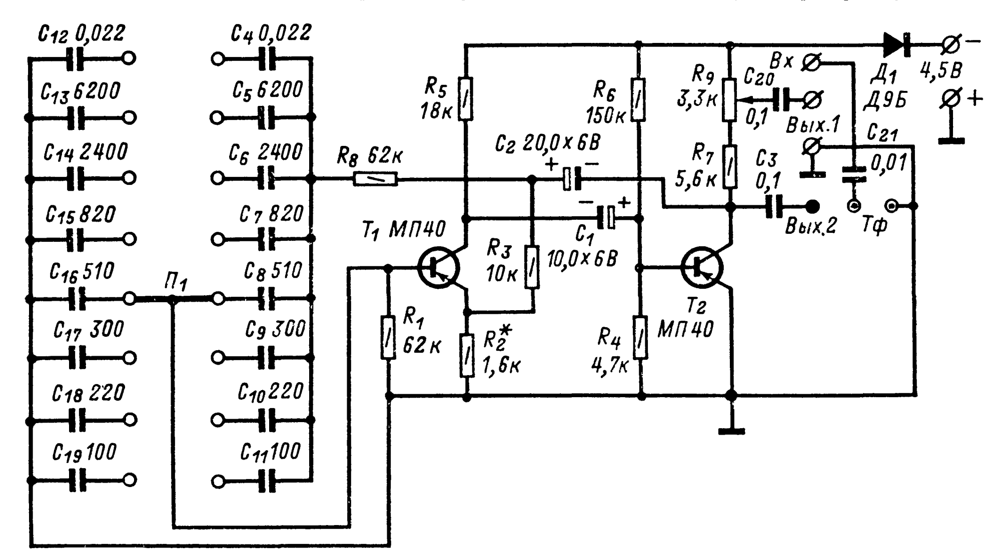


Рис. 8-44.

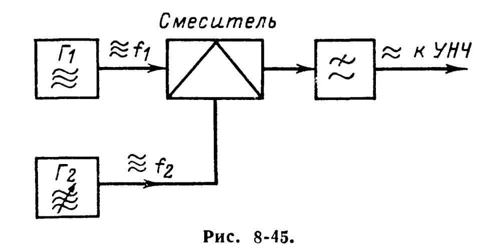


Рис. 8-45.

Задающий генератор НЧ на биениях (рис. 8-45). Колебания НЧ в нем получаются

путем смешения двух близких по частоте (≈ 200 кГц) ВЧ колебаний с последующим выделением фильтром нижних частот напряжения разностной частоты — биений.

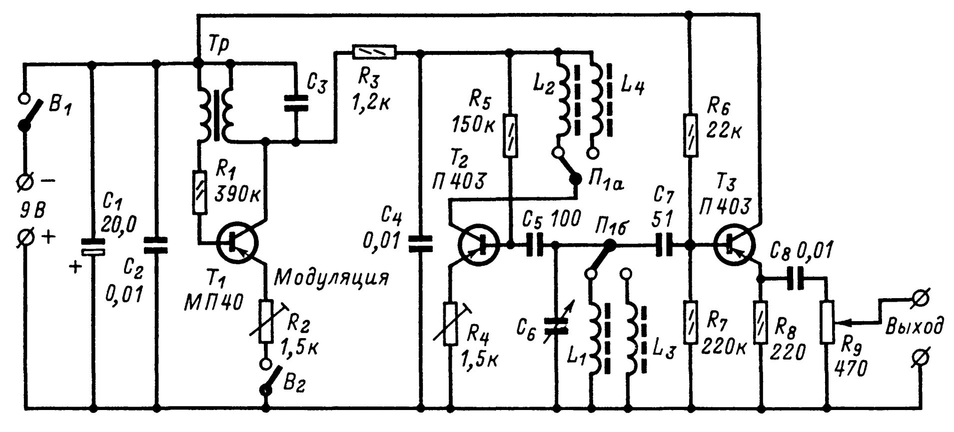


Рис. 8-46.

Основные достоинства подобных генераторов: несколько повышенная стабильность частоты колебаний (относительно RC-генераторов) и возможность более плавной перестройки частоты.

Генераторы высоких частот

Измерительные ВЧ генераторы являются маломощными источниками незатухающих и модулированных электрических колебаний. Генераторы с параметрами выходного сигнала, устанавливаемыми с повышенной точностью, называют *генераторами стандартных сигналов* (ГСС); остальные генераторы называют *генераторами сигналов* (ГС). Задающие генераторы ГСС и ГС выполняют с LC колебательными контурами. В приборах диапазона УКВ в качестве колебательных контуров применяют отрезки линий (см. § 1-2). Погрешность по частоте измерительных генераторов достигает $\pm 1 \div 2\%$.

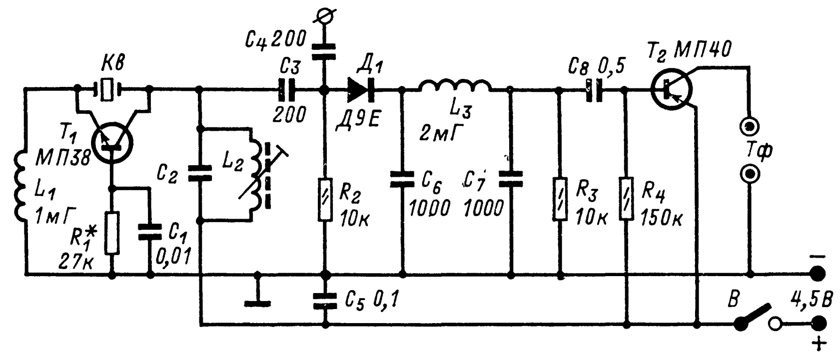


Рис. 8-48.

Простой ГС ВЧ на транзисторах (рис. 8-46). Генератор может работать в режиме незатухающих колебаний (контакты B_2 разомкнуты) или с амплитудной модуляцией (контакты B_2 замкнуты). Частота ВЧ колебаний определяется параметрами элементов переключаемых колебательных контуров, а частота модулирующего напряжения — параметрами трансформатора *Тр* и конденсатора C_3 (обычно 400 или 1 000 Гц).

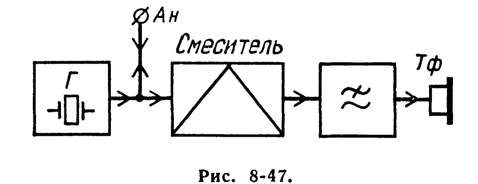


Рис. 8-47.

Генераторы ВЧ, стабилизированные кварцами, более точны по частоте. Поскольку частота колебаний таких генераторов в основном определяется параметрами применяемых кварцевых резонаторов, с целью получения сетки фиксированных частот нередко используют гармоники основной частоты резонатора. Кварцевые резонаторы широко применяют в кварцевых калибраторах (КК) — приборах, предназначаемых для проверки градуировки радиопередающих и радиоприемных устройств

в ряде опорных точек их шкал. Для проверки градуировки шкалы частот радиопередатчиков используется метод нулевых биений. При проверке радиоприемников кварцевый калибратор используется как генератор сигналов фиксированной частоты. Если проверяется приемник, не имеющий второго, телеграфного гетеродина, о настройке судят по электронно-световому индикатору или предусматривают в КК амплитудную модуляцию ВЧ колебаний. Структурная схема кварцевого калибратора дана на рис. 8-47.

Простой кварцевый калибратор (рис. 8-48). Генератор на транзисторе T_1 с кварцевым резонатором *Кв* создает колебания с основной частотой 100 кГц. Контур в цепи коллектора настроен на эту частоту сердечником катушки L_2. Искажение формы колебаний для получения большого числа (нескольких сотен) гармоник осуществляется подбором сопротивления резистора R_1. Роль смесителя выполняет диод $Д_1$. На транзисторе T_2 выполнен усилитель напряжения биений. Зажим (или коаксиальное гнездо) *Ан* служит для подключения элемента связи КК с проверяемым радиопередатчиком или радиоприемником. Для повышения точности измерения связь кварцевого калибратора с проверяемым передатчиком должна быть минимально допустимой.

Основные технические характеристики некоторых измерительных генераторов синусоидальных колебаний и КК промышленного изготовления приведены в табл. 8-11.

может быть использована испытательная таблица 0249, которая передается отечественными телевизионными передатчиками перед началом работы студий телевидения. Для определения этих коэффициентов следует измерить стороны прямоугольников таблицы Б2 и Б7 по горизонтали (размеры Г) и Б2, Д2 по вертикали (размеры В), а затем произвести вычисления по формулам:

$$\rho_Г = 200(Г_{макс} - Г_{мин})/(Г_{макс} + Г_{мин})$$
$$\rho_В = 200(В_{макс} - В_{мин})/(В_{макс} + В_{мин}),$$

где $\rho_Г$ и $\rho_В$ — коэффициенты нелинейности разверток соответственно по горизонтали и вертикали, выраженные в процентах.

Однако из-за кратковременности передачи таблицы 0249 использование ее для настройки телевизора не всегда возможно. Поэтому для подобных целей целесообразно изготовить генератор полос — генератор периодической последовательности прямоугольных видео- или радиоимпульсов, частота следования которых в целое число *n* раз выше частоты строчной (для генератора вертикальных полос) или кадровой развертки (для генератора горизонтальных полос). Выход генератора видеоимпульсов подключается ко входу видеоусилителя, а выход генератора радиоимпульсов — к входу настраиваемого телевизора, т. е. в конечном счете испытательные сигналы поступают на входы генераторов строчной и кадровой разверток и на модулирующий электрод (или катод) электроннолучевой труб-

Таблица 8-11

Промышленные измерительные генераторы и кварцевые калибраторы

Тип	Диапазон частот	Действующее значение выходного напряжения или мощность	Основная погрешность по частоте	Тип ЗГ
Г3-18	20 Гц — 20 кГц	1 Вт *	$\pm(0{,}01f+2)$ Гц	«На биениях»
Г3-33	20 — 200 кГц	5 Вт **	$\pm(0{,}02f+1)$ Гц	*RC*
Г3-36	20 — 200 кГц	5 В **	$\pm(0{,}03f+2)$ Гц	*RC*
Г4-1А	100 кГц — 25 МГц	1 В	± 1%	*LC*
Г4 18	100 кГц — 35 МГц	1 В	± 1%	*LC*
Г4-17	20 — 260 МГц	0,1 В	± 1%	*LC*
Ч1-4	0,1; 1,0 МГц	1,5; 5 В	$\pm 5\cdot10^{-7}$	Кварцевый
Ч1-5	0,1; 1; 2,5; 10 и 100 кГц; 1 МГц	1 В	$\pm 5\cdot10^{-7}$	Кварцевый
Ч4-1	0,125 — 20 МГц (0,125*n* МГц)	—	± 0,02%	КК

* К. н. и. не более 2,5%.
** К. н. и. не более 3%.

Генератор полос для настройки телевизоров

Качество работы телевизионного приемника в значительной мере определяется величинами нелинейности разверток приемника по горизонтали и вертикали. Для определения коэффициента нелинейности разверток

ки, вызывая на ее экране чередующиеся светлые и темные полосы. При скважности импульсов, равной 2, на экране кинескопа получим светлые и темные полосы одинаковой толщины (при больших скважностях полосы светлые или темные могут превращаться в линии). Синхронизация частоты генераторов строк и кадров телевизора осуществля-

ется ручками *Частота строк* и *Частота кадров* по импульсам генератора полос. При устойчивой синхронизации на экране телевизора должно наблюдаться n светлых (или темных) полос (или линий).

Простой транзисторный генератор полос (рис. 8-49). Он содержит: 1) генератор на транзисторе T_1, работающий на несущей частоте сигнала изображения одного из телевизионных каналов; 2) генератор-модулятор горизонтальных полос (симметричный мультивибратор на частоту 400 Гц на транзисторах T_2, T_3); 3) генератор-модулятор вертикальных полос (LC-генератор на частоту 156 кГц с транзистором T_4).

Выход прибора отрезком коаксиального кабеля соединяется с антенным гнездом телевизора. При этом на вход телевизора поступают радиоимпульсы, несущая частота которых (определяемая параметрами элементов контура C_9L_2) соответствует частоте сигнала изображения одного из каналов телевидения. Телевизор должен быть включен на этом канале.

Переключатель генератора полос $П_1$ ставится в положение *Гориз.* Ручкой телевизора *Частота кадров* добиваются устойчивого изображения восьми горизонтальных полос ($n = 8$; $f_{кадр} = 50$ Гц). При линейной кадровой развертке расстояние между полосами должно быть одинаковым. Для проверки линейности по строкам переключатель $П_1$ переводится в положение *Вертик.* Ручкой телевизора *Частота строк* добиваются устойчивого изображения десяти вертикальных полос ($n = 10$; $f_{стр} = 15,6$ кГц). При линейной строчной развертке расстояние между полосами должно быть одинаковым.

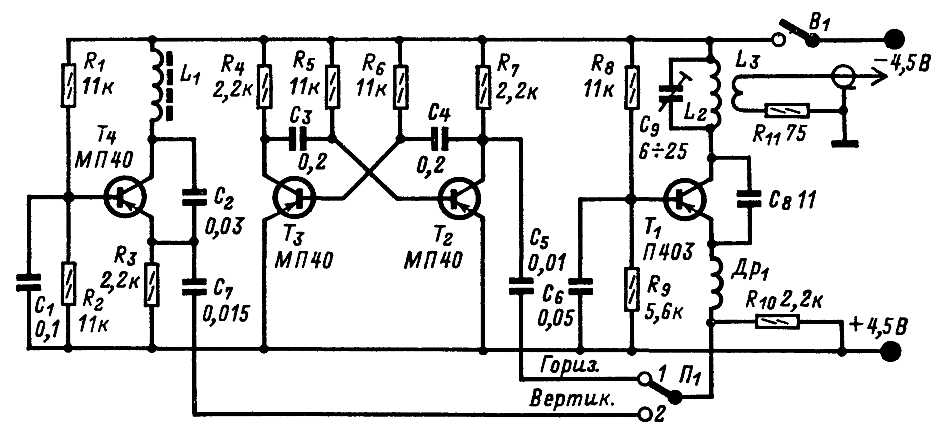
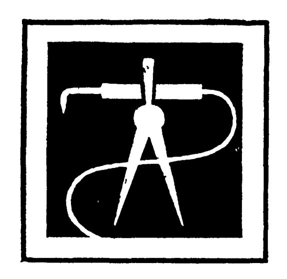


Рис. 8-49.

При наличии измерительного генератора УКВ диапазона (например, Г4-17) и генератора НЧ с диапазоном до 200 кГц (например, Г3-33) легко может быть создан генератор полос, аналогичный изображенному на рис. 8-49. Для этого генератор УКВ переводится в режим внешней амплитудной (или импульсной) модуляции с несущей, равной частоте сигнала изображения одного из телевизионных каналов, а в качестве внешнего модулятора берется генератор НЧ. Частота модулирующего напряжения выбирается из условия: $f_м = nf_р$, где $f_р$ — частота развертки телевизора (по горизонтали или вертикали); n — желаемое число темных (светлых) полос (по горизонтали или вертикали).



ОСНОВЫ КОНСТРУИРОВАНИЯ И МОНТАЖ АППАРАТУРЫ

РАЗДЕЛ 9

СОДЕРЖАНИЕ

9-1. КОМПОНОВКА ЭЛЕМЕНТОВ АППАРАТУРЫ [1]

Способы компоновки

Для упрощения изготовления, облегчения налаживания, контроля и ремонта современные сложные радиоэлектронные устройства делят на блоки и функциональные узлы. Так, например, радиола состоит из УКВ блока, блока контурных катушек диапазонов КВ, СВ и ДВ с клавишным или кнопочным переключателем, шасси УПЧ и УНЧ и блока питания. Телевизор содержит блоки: селектор каналов, УПЧ, УНЧ и усилитель видеочастоты, блок разверток и блок питания. Такое разделение аппаратуры позволяет быстро находить место ее неисправности и целиком заменять блок или функциональный узел.

Устройства, состоящие из большого числа однотипных каскадов, компонуют из модулей — функциональных узлов, смонтированных на платах одинакового размера. Такого рода модули — мультивибраторы, спусковые схемы, каскады совпадения, сумматоры и др. — широко применяют при построении логических устройств.

Прежде чем приступить к компоновке элементов аппарата, следует проанализировать взаимосвязь его элементов и вычертить полную принципиальную схему устройства или каждого ее блока в отдельности так, чтобы функции всех частей аппаратуры выявлялись наиболее полно.

Компоновку аппаратуры в целом, ее функциональных узлов и блоков выполняют с учетом удобства в эксплуатации, климатических условий, в которых она будет работать, и желаемого внешнего вида. Габариты и внешнее оформление звуковоспроизводящей аппаратуры (радиолы, магнитофоны, электрофоны) определяются не только эстетическими соображениями, но в значительной мере акустическими требованиями (см. § 4-1 и 4-6).

Далее даются рекомендации по использованию различных методов компоновки в радиолюбительских условиях.

Графическая компоновка. Выполняется на миллиметровой бумаге мягким карандашом. Она очень трудоемка, так как требуется точное вычерчивание элементов для каждого варианта.

Аппликационная компоновка. Дает возможность выбрать наиболее целесообразное расположение элементов с относительно небольшой затратой времени и труда. Выполняется аппликационная компоновка с помощью вырезанных из плотной бумаги прямоугольников, на которых в масштабе 1 : 1 вычерчиваются контуры деталей (рис. 9-1). Для детали простой, симметричной формы (варикапа, кремниевого стабилитрона малой мощности — *а*, транзистора малой мощности — *б*, резистора МЛТ — *в*) достаточно иметь аппликацию только одной проекции. Для более сложных деталей (например, трансформатора НЧ — рис. 9-1, *г*, клавишного переключателя, ламподержателя и т. п.) необходимы аппликации в нескольких проекциях. На них наносят оси симметрии, центры отверстий для крепления, обозначают крайние положения подвижных частей и местоположение выводных контактов или проводников.

---

[1] В разд. 9 использованы материалы автора Р. Г. Варламова из гл. 22 «Радиолюбительского справочника» под общ. ред. Д. П. Линде. М., «Энергия», 1966.

Выбрав примерные размеры монтажной платы (шасси), на листе миллиметровки или на чистом листе с очерченными контурами платы (шасси) раскладывают аппликации. Меняя их расположение, добиваются наиболее рациональной компоновки. Аппликации приклеивают к бумажному листу резиновым клеем, что позволяет при необходимости сравнительно легко отклеить их.

На полученный макет накладывают лист кальки и переносят на него контуры деталей и места их контактов. Наложив на полученный эскиз второй лист кальки или часть первого листа, переносят на него все контактные точки. На обратной стороне листа изображение контактных точек будет как бы изнутри шасси или с другой стороны монтажной платы (рис. 9-2). На этом листе цветным карандашом вычерчивают соединительные проводники. При необходимости выполнения монтажа без неперекрещивающихся проводников (печатный монтаж), возможно, придется несколько изменить взаимное расположение деталей.

Применение кальки значительно упрощает компоновку, так как на ней видны (после того как перегнем лист с двумя проекциями или наложим листы друг на друга) одновременно обе стороны шасси или платы, что позволяет легко осуществить необходимые перестановки элементов.

Модельная компоновка. Такая компоновка наиболее наглядна, но сложна в выполнении. Для нее пользуются изготовленными из картона, фанеры или пластилина моделями элементов устройства. Эти модели могут иметь форму элементов или приближенных по форме фигур: цилиндров, конусов, пирамид, прямоугольников или различных их комбинаций. Объем модели должен соответствовать установочному объему элемента.

Для удобства компоновки на модель шасси или монтажной платы наносится пятимиллимитровая координатная сетка. Модели можно приклеивать, но лучше в местах пересечения линий координатной сетки просверлить отверстия в картонном или фанерном шасси под шпильки, вклеенные в моделях.

На модели элементов нужно нанести оси симметрии и центры крепежных отверстий. Полезно покрасить их нитрокрасками (нитроэмалями), отметив яркими цветами точки крепления.

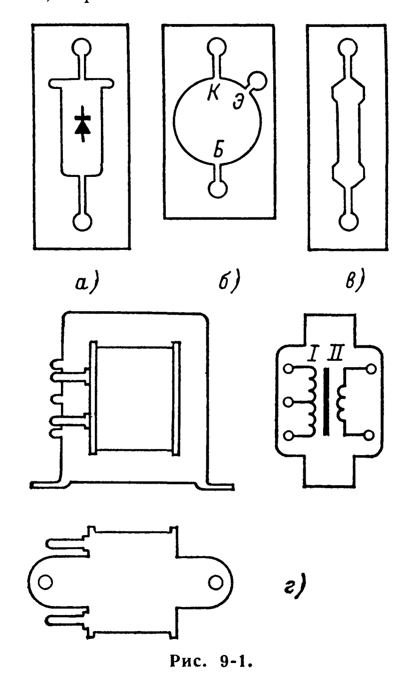


Рис. 9-1.

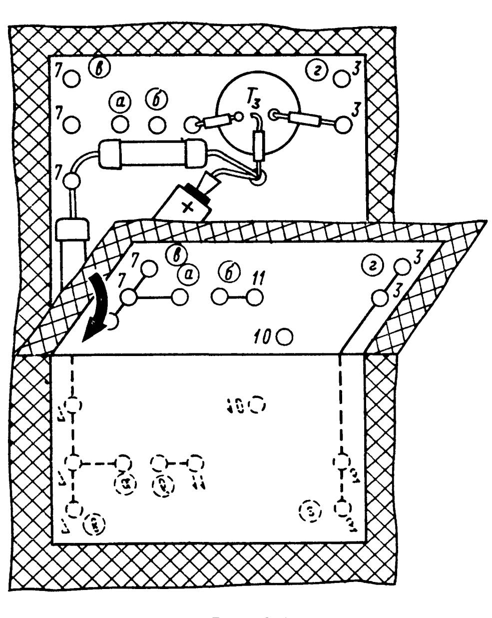


Рис. 9-2.

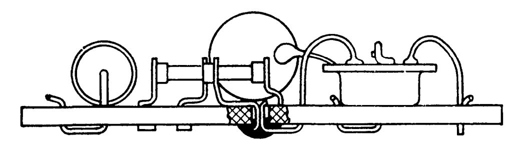
Если макет монтажной платы или шасси изготовить из органического стекла с нанесенной на него координатной сеткой, получится очень ясное представление о компоновке элементов устройства в целом.

Натурная компоновка. Она выполняется в виде макета устройства (блока), содержащего все его элементы. При наличии большого опыта в деле разработки подобных устройств и достаточном запасе деталей макет может быть выполнен сразу в том виде, в каком представляется конструктору устройство (блок). Но если радиолюбитель начнет сразу с натурной компоновки, то может потребоваться многократная переделка макета с полной заменой. Для радиолюбителя это мало приемлемо как вследствие возможного недостатка опыта, так и из-за сравнительно больших материальных затрат.

Макет можно выполнить в виде устройства (блока), которое соответствует требуемому только по принципиальной схеме: размеры монтажной платы могут заметно превышать размеры платы или шасси, на которых будет

выполнен окончательный вариант устройства. В этом случае выводы транзисторов, резисторов, конденсаторов и других деталей не укорачивают. Это позволяет многократно применять их при последующих работах по компоновке других устройств. Недостатком этого способа является то, что в окончательном варианте устройства получаются, как правило, большими, чем при использовании модельной и аппликационной компоновки.

Для отработки макетов удобны перфорированные платы (рис. 9-3), на которых детали закрепляют путем изгибания их выводов в двух соседних отверстиях. Любители применяют такие платы и в отработанных конструкциях.



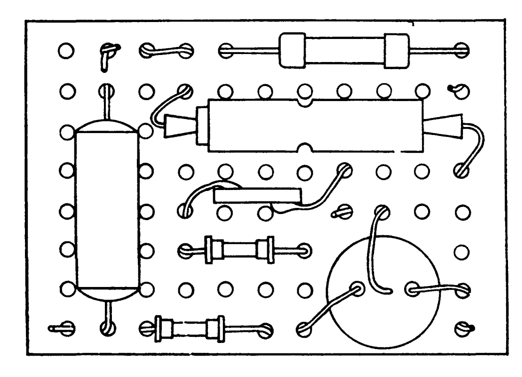


Рис. 9-3.

Необходимость учета многочисленных факторов редко позволяет выполнить компоновку сразу, с первой попытки. Обычно трудно учесть, например, пути возникновения паразитных связей вследствие неудачного расположения элементов или соединительных проводников. Важно также предусмотреть удобство управления устройством и доступность регулировки его узлов. Поэтому даже для не особенно сложной схемы обычно приходится сделать несколько вариантов компоновки.

При невозможности перекомпоновки каких-либо элементов или узлов следует заменить их на элементы (узлы) другого типа или применить несколько однотипных деталей меньших размеров (например, поставить несколько малогабаритных параллельно соединенных конденсаторов вместо одного большого и т. п.).

Получив удовлетворительные результаты после перекомпоновки, можно произвести окончательный выбор типов деталей и узлов данного устройства. Однако полученную компоновку все же нельзя считать окончательной, если при ее составлении не были учтены некоторые важные факторы, а они могут потребовать дополнительной перекомпоновки элементов. После изготовления конструкции рекомендуется записать ее компоновочные характеристики: объемы, коэффициенты использования площади по объему и др. Это позволит накопить опыт для более быстрой разработки следующих конструкций.

Пример компоновки УНЧ. Элементы УНЧ (рис. 9-4, *а*) можно разместить на плате шириной 20 и длиной 150 мм (рис. 9-4, *б*). При этом трансформаторы $Тр_1$ и $Тр_2$ находятся сравнительно далеко один от другого и расположение их осей не играет роли. Все пассивные элементы размещены по возможности рядом с соответствующими активными элементами. Объем конструкции при таком варианте компоновки составляет 100 см^3.

При использовании более широкой, но более короткой платы (рис. 9-4, *в*) расстояние между трансформаторами уменьшается, и для предотвращения возможных паразитных связей они должны быть расположены взаимно перпендикулярно. Площадь платы и объем устройства при такой компоновке практически не изменились.

Детали усилителя можно разместить более плотно, если перейти к объемной компоновке путем увеличения числа монтажных плат (рис. 9-4, *г*). На одной из них размещены с двух сторон конденсатор C_2, резистор R_8, трансформатор $Тр_1$ и транзистор T_1, а на другой — резистор R_9, трансформатор $Тр_2$, транзисторы T_2 и T_3. Все остальные детали помещены на основной плате. Объем устройства при такой компоновке снизился до 53 см^3, однако значительно усложнилась конструкция усилителя и стало затруднено выполнение монтажных, регулировочных и проверочных работ. Хотя расположение входных, выходных и контрольных точек (*1—7*) во всех вариантах позволяет проверить нормальную работу усилителя, все же необходимо тщательно взвесить преимущества и недостатки более плотной компоновки, прежде чем решиться ее применить.

Монтажные эскизы и таблицы

Жесткий навесной монтаж на изоляционных опорниках (керамика, фторопласт) с минимальным количеством дополнительных соединений используется для цепей, работающих в КВ и УКВ диапазонах.

Монтаж на плоских платах (печатный, проволочный или с плоскими проводниками) используют в функциональных блоках и узлах сложных приемников, телевизоров и в другой малогабаритной аппаратуре на транзисторах.

Жгутовый монтаж применяют в УНЧ, выпрямителях, стабилизаторах, релейных схемах и для соединений между функциональными блоками.

Разработка монтажных эскизов. После того как выбран вид монтажа, станет известно число паек в каждой монтажной точке: одна для печатного монтажа и 2—4 для соедине-

ний на платах с пистонами, лепестками или шпильками. Припаивать в одну монтажную точку большее число проводников не следует,

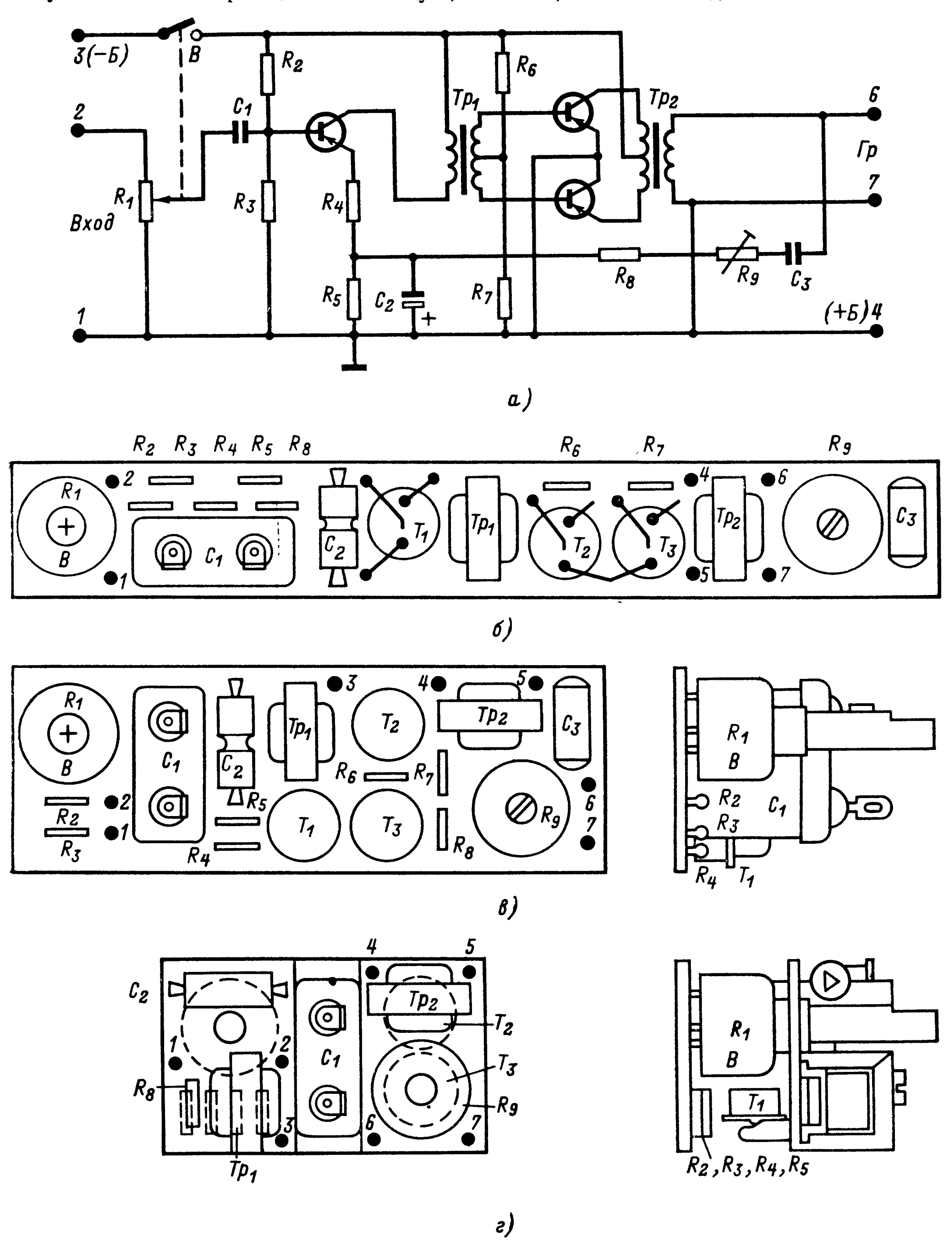


Рис. 9-4.

потому что их трудно хорошо спаять при монтаже и распаять при ремонте. Кроме того, при этом детали, припаиваемые к данной точке, сильно перегреваются, а это опасно для полупроводниковых приборов и малогабаритных деталей.

Пронумеровав все узловые точки на принципиальной схеме, следует перечертить ее так, чтобы в каждой такой точке было столько монтажных точек, сколько должно быть паек. Каждой монтажной точке присваивают шифр, состоящий из порядкового номера по принципиальной схеме и номера точки в соединительном узле (например, *1-2*, *1-5* и т. д.). Пример построенной таким обра-

зом принципиально-монтажной схемы видеоусилителя и выполненный на ее основе эскиз платы для печатного монтажа со стороны монтажа и со стороны деталей показаны на рис. 9-5.

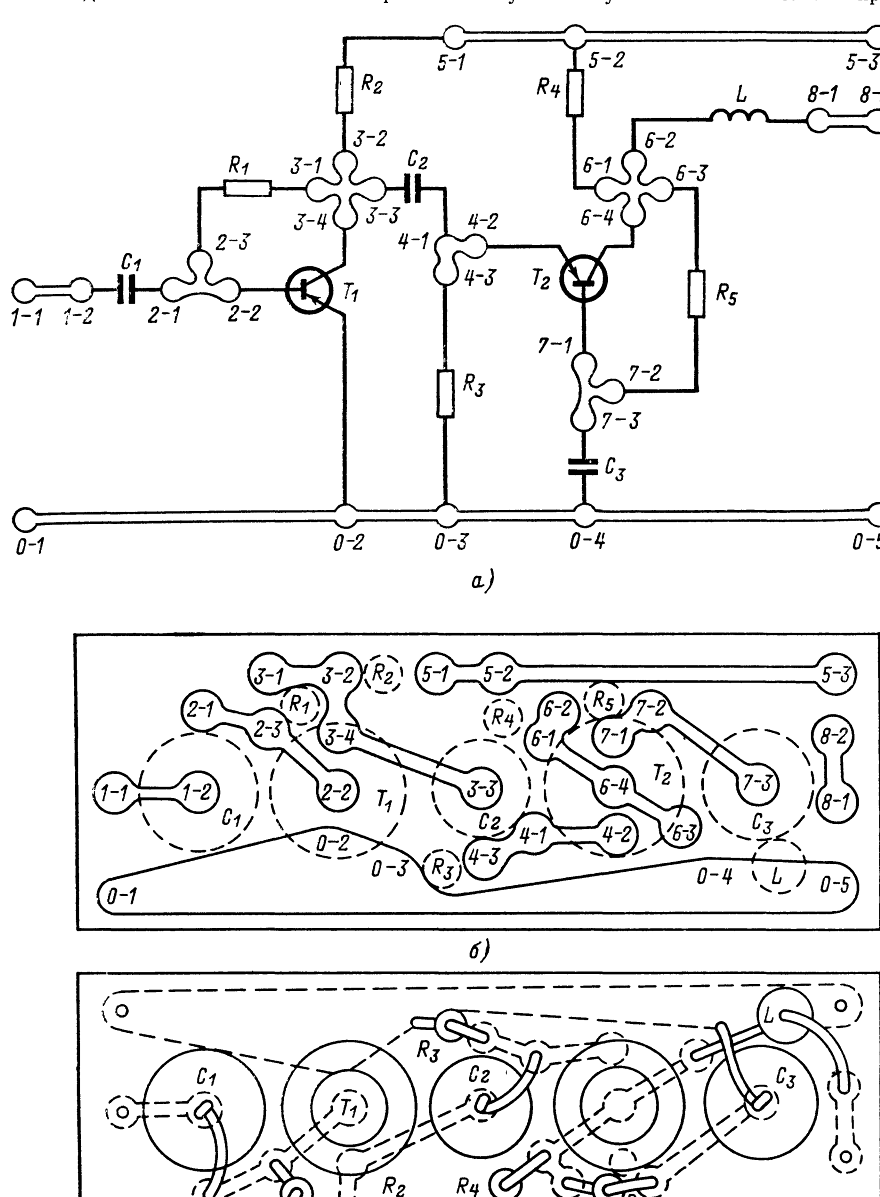


Рис. 9-5.

Отсутствия пересечений проводников при печатном монтаже следует добиваться способом последовательных приближений, изменяя расположение элементов и монтажных точек.

Принципиально-монтажная схема того же видеоусилителя применительно к навесному монтажу на плате с лепестками приведена на рис. 9-6, *а*. Эскизы расположения элементов на плате и соединений между ними для последнего конструктивного варианта показаны на рис. 9-6, *б* и *в*.

Монтажные таблицы. Порядок соединений между деталями, узлами и блоками с при-

менением проводников, связанных в жгут, удобнее представлять в виде таблицы, в которой указаны: точки подключения концов от другой (тем дальше, чем больше их диаметры), а их оси должны быть взаимно перпендикулярны.

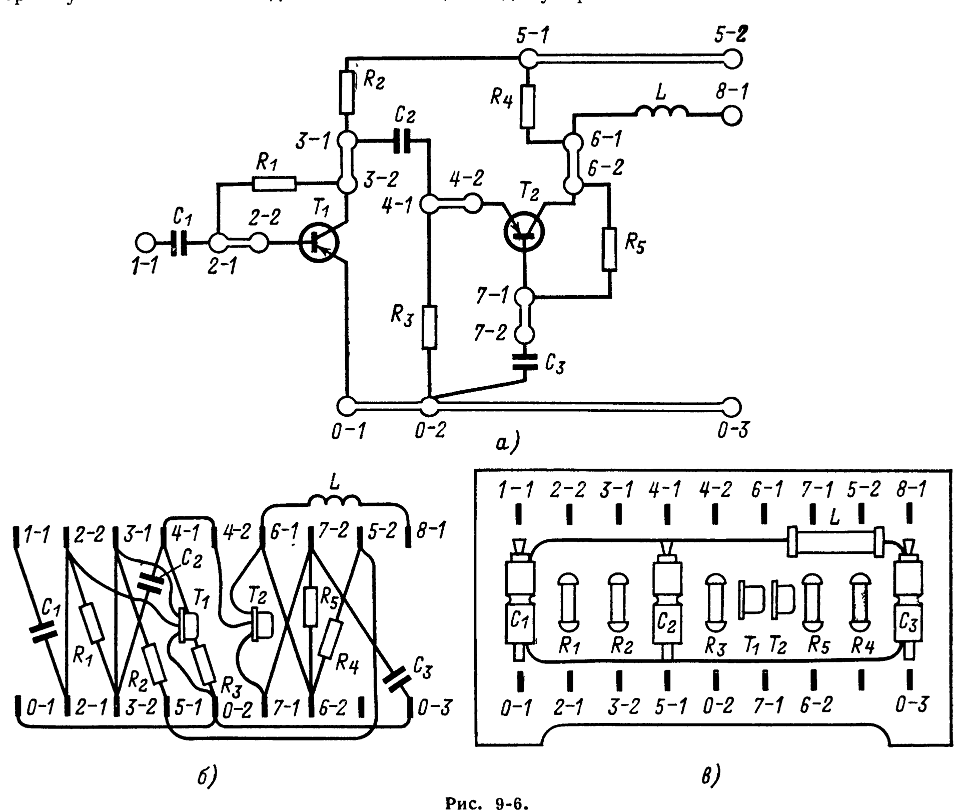


Рис. 9-6.

каждого проводника (их можно обозначать сокращенно) и его характеристики (сечение, цвет, экранирование и т. п.). В качестве примера приводится табл. 9-1, в которой указан порядок соединений между двумя блоками аппаратуры (рис. 9-7).

Катушки с ферритовыми сердечниками, монтируемые в блоке клавишного переключателя приемника, не требуют экранов. Если применить броневые сердечники, то экраны часто не нужны даже при расположении катушек рядом одна с другой.

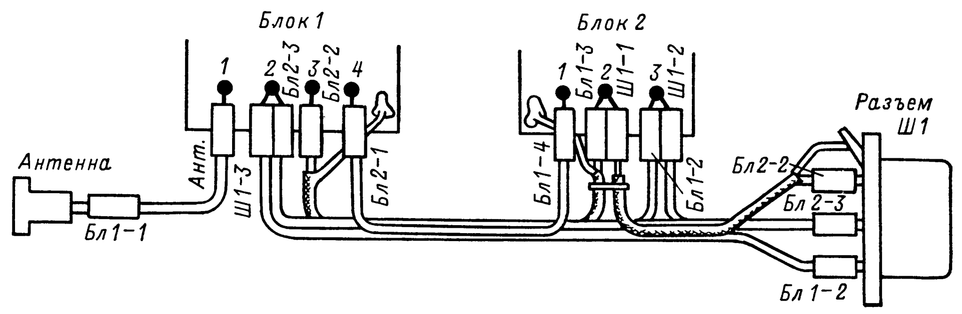


Рис. 9-7.

Паразитные электрические связи

Индуктивные паразитные связи возникают наиболее легко между катушками без магнитных сердечников. Для уменьшения этого вида связей катушки необходимо располагать возможно дальше одна

Трансформаторы или дроссели НЧ с сердечниками без зазоров следует для уменьшения взаимной связи устанавливать так, чтобы оси их обмоток были взаимно перпендикулярны. Если же трансформатор или дроссель имеет зазор, то взаимно перпендикулярны должны быть максимальные поля рассеяния.

Таблица 9-1

Монтажный жгут

№ провода	Откуда идет	Куда поступает	Окраска и сечение, мм²
1-1	Антенна	Блок *1*, контакт *1*	Белый, 0,14
2-1	Блок *1*, контакт *2*	Разъем *Ш1*, контакт *3*	Красный, 0,14
2-2	*Бл1-2*	*Бл2-3*	Синий, 0,35
2-3	*Бл2-3*	*Ш1-2*	Желтый, 0,35
3-1	*Бл1-3*	*Бл2-2*	Коричневый, 0,2 *
3-2	*Бл2-2*	*Ш1-1*	Черный, 0,2 *
4-1	*Бл1-4*	*Бл2-1*	Зеленый, 1,5

* Надеть экранирующий чулок и его концы соединить с корпусами блоков.

В схемах с большим усилением, особенно работающих на ВЧ, необходимо учитывать, что между монтажными проводниками могут также возникать паразитные индуктивные связи. Например, при взаимном расположении двух проводников длиной по 100 мм на расстояниях 2, 10 и 30 мм взаимоиндукция их 0,07; 0,04 и 0,24 мкГ соответственно.

Емкостные паразитные связи могут возникать между отдельными проводниками, проводником и шасси, а также между деталями схемы. Даже малые паразитные емкости могут нарушать нормальную работу схемы. Например, в усилителе на транзисторах паразитная емкость $C_{пар}$ между их корпусами может вызвать самовозбуждение.

Таблица 9-2

Параметры проводника длиной 100 мм

Диаметр проводника, мм	Сопротивление, Ом	Индуктивность, мкГ
0,1	0,22	0,14
0,5	0,1	0,12
1,0	0,002	0,1

Диаметр проводника, мм	Емкость между проводником и шасси, пФ, при расстоянии между ними		
	1 мм	10 мм	100 мм
0,1	1,5	0,9	0,7
0,5	2,7	1,4	0,8
1,0	4	1,6	0,9

Диаметр проводника, мм	Емкость между двумя проводниками, пФ, при расстоянии между ними		
	2 *мм*	10 *мм*	50 *мм*
0,1	0,75	0,5	0,04
0,5	1,4	0,75	0,05
1,0	2,0	0,9	0,06

Экраны должны крепиться непосредственно на шасси и иметь с последним надежный электрический контакт во многих точках.

Если индуктивность проводника, соединяющего экран с шасси (корпусом), велика, то экран может не уменьшить, а увеличить емкостную паразитную связь.

Связи через монтажные проводники образуются из-за их собственного сопротивления, индуктивности и емкости (табл. 9-2). Паразитные связи из-за омического сопротивления монтажных проводников и монтажных лепестков легко возникают, если участок какого-либо проводника входит одновременно в выходную и входную цепи устройства с большим усилением.

Борьба с паразитными связями (индуктивными, емкостными, омическими) ведется в первую очередь рациональной компоновкой элементов схемы, которую находят макетированием конструкции.

9-2. ТЕПЛОВЫЕ РЕЖИМЫ АППАРАТУРЫ И ЗАЩИТА ЕЕ ОТ ВНЕШНИХ ВОЗДЕЙСТВИЙ

Защита от влаги

Вследствие незначительной вязкости воды и малых размеров ее молекул вода проникает между молекулами изоляционных материалов. При повышенной температуре влага интенсивно проникает в поры изолятора. При этом снижается его поверхностное и объемное сопротивление, растут потери и уменьшается механическая прочность. Это ухудшает параметры резисторов, конденсаторов, катушек индуктивности, трансформаторов и других элементов, что вызывает нарушение нормальной работы аппаратуры.

Монтажные платы, изготовленные из гетинакса и текстолита, можно предохранить от воздействия влаги, покрыв электроизоляционным лаком (МГМ-16 или СБ-1с). Этим лаком можно покрыть и весь узел или блок в собранном виде. Если аппарат работает только в комнатных условиях или имеет герметичный корпус, то пропитку или покрытие защитными лаками можно не применять. Од-

нако монтажные платы из пенопласта должны быть обязательно покрыты электроизоляционным лаком даже при работе аппарата в комнатных условиях.

Для особо влагостойких конструкций следует применять материалы с гидрофобными (водооталкивающими) свойствами: фторопласт-4, полиэтилен и полистирол, которые обладают высокой влагостойкостью и хорошими электроизоляционными характеристиками без пропитки или защитных лаковых пленок. Растворы полиэтилена или полистирола являются высококачественными электроизоляционными лаками, сушку которых производят в нормальных комнатных условиях.

Защита металлов от коррозии. В качестве конструктивных металлических материалов применяют преимущественно сталь, алюминиевые сплавы и латунь. Слой окисла на поверхности алюминия и его сплавов создает надежную защиту от коррозии. Однако в паре с медью и ее сплавами происходит коррозия алюминия из-за большой разности электрохимических потенциалов (алюминий — 1,3 В, медь +0,34 В). Если шасси из алюминиевого сплава склепать медными заклепками, то даже в комнатных условиях оно через несколько месяцев разрушится в местах клепки. При использовании луженой жести надо предусмотреть защиту ее кромок (места разреза) от коррозии припоем или лаком. Коррозия латуни в комнатных условиях незначительна.

Применение стали, меди и их сплавов без дополнительных защитных покрытий нежелательно даже в комнатных условиях. Самым доступным способом защиты шасси и кожухов от коррозии является окраска покровными лаками и эмалями. Хорошие результаты дает применение автомобильных нитроэмалей, наносимых с помощью распылителя. Для получения высококачественного покрытия защищаемую поверхность надо очистить от окислов, грязи и пыли, нанести на нее слой соответствующего грунта, выровнять шпаклевкой неровности и только после этого нанести не менее трех слоев лака или эмали.

Герметизация. Наилучшим способом защиты схемы от воздействия повышенной влажности и других нежелательных воздействий окружающей среды является герметизация — помещение всего аппарата или наиболее важных его частей в металлический корпус, все швы которого хорошо пропаяны. Примеры герметичных полных швов из листового металла приведены на рис. 9-8.

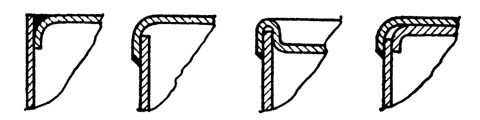


Рис. 9-8.

Если конструкция должна быть разборной (для смены ламп и других элементов), герметизация достигается применением резинового уплотнительного кольца (сплошного или надежно склеенного). Такое уплотнение достаточно надежно защищает от повышенной влажности окружающей среды при кратковременных ее воздействиях.

Особенности аппаратуры для работы в тяжелых климатических условиях. Аппаратура, предназначаемая для работы в условиях пустынь (например, Средняя Азия) и влажных тропиков, обязательно должна быть герметичной. При высоких температуре и влажности в условиях субтропического климата создаются благоприятные условия для роста плесневых образований, которые снижают сопротивление изоляции и ухудшают механические свойства изоляторов. Насыщенный солями воздух в приморских областях вызывает интенсивную коррозию металлов и разрушение диэлектриков. Пыль и песок, попадая между токопроводящими деталями и увлажняясь, ухудшают электрическую прочность изоляции, уменьшают сопротивление изоляции, появляются паразитные связи. Попавшая в механизмы настройки пыль нарушает их нормальную работу.

Интенсивная солнечная радиация разрушает лакокрасочные покрытия, может изменить физико-химические свойства некоторых материалов и элементов аппаратуры.

Влияние температуры

Детали аппаратуры подвергаются нагреву как от внешних воздействий (повышение температуры окружающей среды, солнечная и тепловая радиация), так и вследствие выделения тепла внутренними источниками (лампы, мощные транзисторы, трансформаторы, резисторы и др.). Вследствие изменений температуры могут изменяться посадочные и установочные зазоры, а это вызовет изменение взаимного положения деталей либо даже их поломку (если сопрягаются детали с резко различными температурными коэффициентами расширения). Воздействие изменения температуры при тряске и ударах аппарата усилит эти явления.

В прямой зависимости от температуры находятся проводимость металлов, удельное и объемное сопротивление диэлектриков, их диэлектрическая проницаемость и потери. Изменения свойств материалов вызывают изменения параметров деталей и узлов (конденсаторов, резисторов, катушек индуктивности, полупроводниковых и электровакуумных приборов), а значит, и всего аппарата в целом (чувствительность, избирательность, выходная мощность и т. п.).

Например, приемник на транзисторах, предназначенный для работы в южных районах, где он может подвергаться значительной солнечной радиации, должен иметь футляр из белой или очень светлой пластмассы. Футляры из пластмассы темных тонов (или темной краски) могут вызвать нарушение нормальной работы приемника из-за его перегрева. Если приходится располагать рядом сильнонагревающийся и термочувствительный элементы, например мощную генератор-

ную лампу *1* в передатчике и кварцевый резонатор *2* задающего генератора, то нужно применить тепловой экран (рис. 9-9). Полированная поверхность металлического экрана *3* со стороны лампы обладает хорошей отражательной способностью, препятствуя лучистым

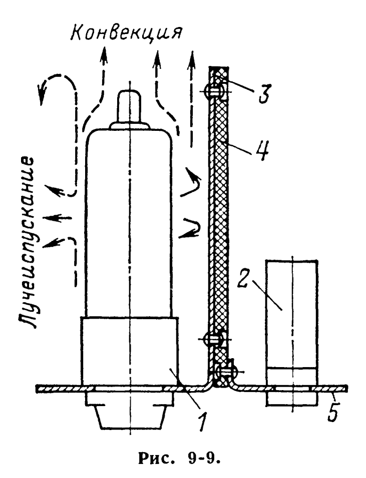


Рис. 9-9.

потокам тепла проникнуть в отсек, где расположен кварцевый резонатор. Сплошная поверхность (без отверстий) отделяет конвективные тепловые потоки лампы от резонатора. Диэлектрический экран *4* с плохой теплопроводностью не пропускает тепловые потоки к шасси *5*, на котором установлен кварцевый резонатор.

Особое внимание необходимо уделять обеспечению возможно более легких температурных режимов полупроводниковых приборов.

Расчет и конструирование радиаторов для полупроводниковых приборов

Одним из важнейших условий надежной и стабильной работы всякой аппаратуры с полупроводниковыми приборами является эффективная отдача ими тепла в окружающее пространство. Нормальная работа диодов малой мощности автоматически обеспечивается, если их режимы и температура окружающей среды не превышают максимально допустимых значений (см. табл. 10-15 и 10-19). Диоды средней и большой мощности должны монтироваться на теплоотводящих радиаторах (см. табл. 10-17).

Предельно допустимая мощность рассеивания транзисторов малой мощности при различных температурах окружающей среды может быть найдена по кривым на рис. 10-18 (см. § 10-5).

Эффективное использование транзисторов большой мощности возможно при условии, что они смонтированы на радиаторах — металлических пластинах или металлических конструкциях иной формы, способствующих отдаче тепла от транзисторов в окружающую среду. При этом тепло от электронно-дырочного перехода передается корпусу транзистора, он отдает тепло радиатору, а последний рассеивает его в окружающее пространство. (Внешняя поверхность корпуса транзистора значительно меньше поверхности радиатора, и поэтому долю тепла, рассеиваемого в пространство самим транзистором, можно не учитывать.)

В качестве радиатора часто используют металлические шасси аппарата, на котором монтируют транзистор.

Расчет радиатора. Для расчета радиатора необходимо знать:

1. Тепловое сопротивление коллекторный переход — корпус транзистора $R_{t\,\text{п. к}}$; оно определяется внутренней конструкцией и материалом полупроводникового прибора и устанавливается разрабатывающим их предприятием (см. табл. 10-29).

2. Тепловое сопротивление корпус транзистора — радиатор $R_{t\,\text{к. р}}$; оно зависит от качества «теплового контакта» между транзистором и радиатором.

3. Тепловое сопротивление радиатор — окружающая среда $R_{t\,\text{р. с}}$; оно зависит главным образом от поверхности радиатора и ее состояния. Его называют общим тепловым сопротивлением радиатора.

Общее тепловое сопротивление системы

$$R_{t\text{п.с}} = R_{t\text{п.к}} + R_{t\text{к.р}} + R_{t\text{р.с}}.$$

Максимальная мощность, которую может рассеивать транзистор с внутренним тепловым сопротивлением $R_{t\,\text{п. к}}$, смонтированный на радиаторе с тепловым сопротивлением $R_{t\,\text{р. с}}$, при температуре окружающей среды равна:

$$P = \frac{t_{\text{п.макс}} - t_{\text{с}}}{R_{t\text{п.к}} + R_{t\text{к.р}} + R_{t\text{р.с}}}, \text{ Вт}.$$

Следовательно, радиатор, при котором на транзисторе рассеивается мощность P не более заданной при температуре окружающей атмосферы $t_{\text{с}}$, должен иметь тепловое сопротивление не менее

$$R_{t\text{р.с}} = \frac{t_{\text{п.макс}} - t_{\text{с}}}{P} - (R_{t\text{п.к}} + R_{t\text{к.р}}).$$

Значения максимально допустимой температуры коллекторного перехода $t_{\text{п. макс}}$ и теплового сопротивления транзисторов $R_{t\,\text{п. к}}$ приведены в табл. 10-29 (см. § 10-5).

Тепловое сопротивление корпус транзистора — радиатор $R_{t\,\text{к. р}}$ тем меньше, чем лучше отшлифованы их прилегающие поверхности. Вследствие наличия даже небольших зазоров между плоскостями транзистора и радиатора это тепловое сопротивление может достигать нескольких °С/Вт. Заполнение зазора между транзистором и радиатором смолой, кремнийорганическим составом или густым невысыхающим маслом (например, силиконовым) снижает тепловое сопротивление $R_{t\,\text{к. р}}$ до 0,5 °С/Вт. Прокладка между ними из свинцовой фольги дает $R_{t\,\text{к. р}} = 0{,}5 \div 1$ °С/Вт.

По схемным условиям нередко необходимо изолировать корпус транзистора (коллектор) от монтажной панели (корпуса), используемой в качестве радиатора. Помещаемая с этой целью между транзистором и ра-

диатором изоляционная прокладка увеличивает тепловое сопротивление $R_{t\,\text{к. р}}$ (табл. 9-3). В связи с этим всегда желательно

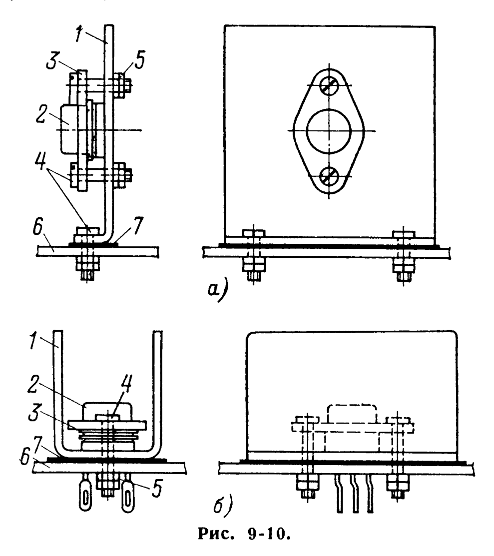


Рис. 9-10.

крепить транзистор *2* (рис. 9-10) непосредственно на радиаторе *1*, изолируя последний от монтажной панели *6* прокладкой *7*.

Таблица 9-3

Тепловые сопротивления изоляционного слоя между корпусом транзистора и радиатором

Материал прокладки или способ обработки поверхности радиатора	Толщина прокладки, мкм	$R_{t\,\text{к. р}}$, °С/Вт
Пленка из лавсана или фторопласта-4	10	1,1
Слюда	60	1,6
	140	2,0
	400	2,7
Слюда с невысыхающим минеральным маслом	40	0,5
Анодирование с пропиткой бакелитовым лаком	—	1,0
Анодирование с пропиткой бакелитовым лаком с маслом	—	0,4

Пример. Транзистор П213А, для которого согласно табл. 10-29 $t_{\text{п. макс}} = 85$ °С и $R_{t\,\text{п. к}} = 4$ °С/Вт, должен рассеивать мощность 4 Вт. Температура внутри аппаратуры может достигать 50 °С. Определить требуемое значение $R_{t\,\text{р. с}}$.

Принимая $R_{t\,\text{к. р}} = 1$ °С/Вт, получаем:

$$R_{t\text{р. с}} = \frac{(85-50)}{4} - (4+1) = 4°\ \text{С/Вт}.$$

Расчет плоского радиатора (рис. 9-10, *а*). Радиатор в виде металлической пластины *1*, имеющей форму, близкую к квадрату (транзистор *2* укреплен в середине пластины с помощью накидного фланца *3* винтами *4* с гайками *5*), с тепловым сопротивлением $R_{t\,\text{р. с}}$ должен иметь площадь:

$$S = \frac{A}{R_{t\text{р. с}}},\ \text{см}^2.$$

Коэффициент A надо взять из табл. 9-4. Толщина пластины должна быть не меньше $^1/_{40}$—$^1/_{50}$ ее длины (ширины).

Таблица 9-4

Коэффициенты к формуле для расчета площади радиатора $S = \dfrac{A}{R_{t\,\text{р. с}}}$, см²

Материал радиатора	Состояние поверхности	Положение	A
Алюминий	Без обработки	Горизонтальное	2 200
	То же	Вертикальное	1 600
	Отпескоструенная матированная	То же	1 200
Сталь	Кадмированная	» »	1 400
Медь	Без обработки	» »	1 200
	Отпескоструенная, черненая	» »	1 000

Если свободно обтекаются воздухом обе стороны вертикального радиатора (пластины), то полученную площадь следует уменьшить вдвое. Последнюю формулу можно применять и для расчета П-образного радиатора (рис. 9-10,*б*), считая, что свободно обтекаются воздухом обе его стороны.

Пример. Радиатор квадратной формы из необработанного алюминия, свободно обтекаемый воздухом со всех сторон, с тепловым сопротивлением $R_{t\,\text{р. с}} = 4°$ С/Вт (данные предыдущего примера) при вертикальном расположении должен иметь площадь

$$S = \frac{1\,600}{4 \cdot 2} = 200\ \text{см}^2.$$

Длина и ширина такого радиатора равны $\sqrt{200} \approx 14 \times 14$ см. Его следует изготовить из алюминия толщиной не менее 3 мм.

Ребристые радиаторы. Пластинчатые радиаторы размером более 15×15 см, как правило, не делают, так как они неудобны для применения в аппаратуре вследствие своей громоздкости.

Если требуется меньшее тепловое сопротивление $R_{t\,\text{р. с}}$ по сравнению с тем, которое можно получить с плоским радиатором приемлемого размера, то применяют радиаторы более сложной формы. В радиолюбительских условиях наиболее доступно изготовление радиатора из листового алюминия согласно

рис. 9-11 (*1* — пластины радиатора, *2* — транзистор, *3* — накидной фланец, *4* — винт)

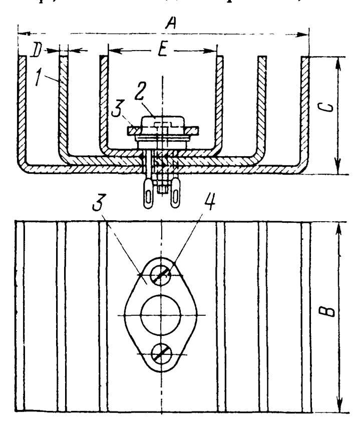


Рис. 9-11.

и табл. 9-5. Части радиатора должны прилегать друг к другу всей плоскостью. Улучшение теплового контакта между ними достигается шлифовкой и заполнением зазоров эпоксидной смолой или невысыхающим минеральным маслом.

Таблица 9-5

Размеры радиаторов (рис. 9-12) *

$R_{t\ р.с}$, °С/Вт	*А, мм*	*В, мм*	*С, мм*	*Е, мм*	*D, мм*
1,0	100	150	80	36	4
1,5	100	100	80	36	4
2,0	90	100	50	27	2,5
3,0	90	90	40	27	2,5

* По данным справочника «Транзисторы и полупроводниковые диоды», под общей редакцией И. Ф. Николаевского. М., Связьиздат, 1963.

9-3. ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ МОНТАЖ

Навесной монтаж

Все соединительные проводники ВЧ цепей и каскадов необходимо делать возможно короче. Это особенно важно при монтаже УКВ блоков. Если выполняется навесной монтаж, то выводы малогабаритных деталей (резисторы, конденсаторы, дроссели) укорачивают и припаивают непосредственно к лепесткам ламповых панелей, переключателей, контактам разъемов и других контактных соединений. Такой же способ монтажа применяют и для других цепей и каскадов несложной аппаратуры, причем в НЧ каскадах проводники могут быть длиннее.

Опорные приспособления. В конструктивно сложной аппаратуре, содержащей большое количество деталей, для соединения между ними приходится применять дополнительные проводники, а для соединения и закрепления выводов деталей и монтажных проводников при навесном монтаже использовать опорные приспособления — штырьки, лепестки, пистоны — смонтированные на изоляционных основаниях. Контакты опорных приспособлений, показанных на рис. 9-12, *а,б*, изготовлены из медной проволоки, запрессованной в пластмассовые детали. В приспособлениях по рис. 9-12, *в* и *г* в пластмассу запрессованы лепестки, причем приспособление по рис. 9-12, *г* может быть использовано для построения «елочки», в которой каждый последующий лепесток вкладывается в гнездо предыдущего и все это крепится длинным винтом. Приспособления по рис. 9-12,*д*, *е* изготовлены из штампованных деталей.

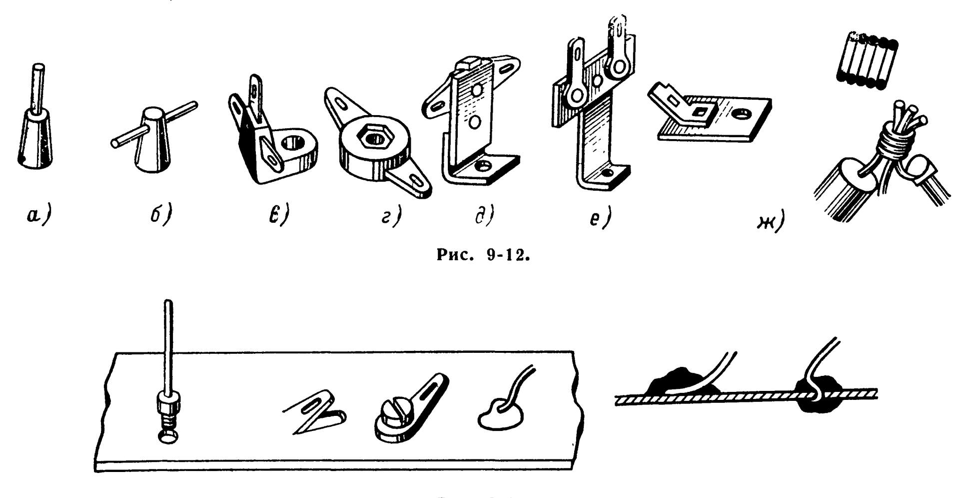


Рис. 9-12.

Рис. 9-13.

Для соединения в одной точке нескольких жестких проводов удобно использовать спираль из 5—10 витков провода диаметром 0,5—1 мм (рис. 9-12, *ж*).

Для соединения провода с корпусом (шасси) аппарата провод припаивают или приваривают непосредственно к шасси, пред-

варительно пропустив его (для прочности) через отверстие шасси (рис. 9-13), или соединяют провод с лепестком, вырезанным из материала шасси, либо со шпилькой или лепестком, привернутым к шасси.

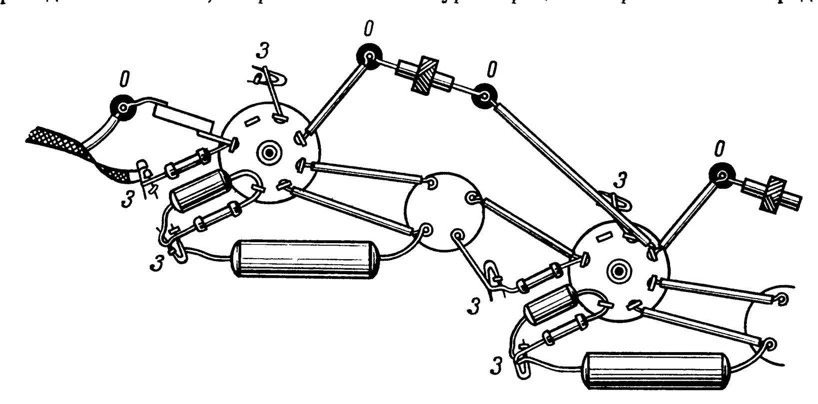


Рис. 9-14.

Пример монтажа с применением соединительных проводников и опорных монтажных приспособлений дан на рис. 9-14 (*з* — лепестки заземления, *о* — изолированные опорные монтажные точки).

Монтажные платы. В аппаратуре, содержащей большое количество резисторов, конденсаторов и других деталей, применяют монтажные платы — пластины из изоляционных материалов, на которых укреплены контактные лепестки или шпильки. Платы из гетинакса, текстолита, органического стекла или иного листового материала имеют лепестки, укрепленные заклепками или трубками, составляющими с лепестками одно целое. Монтажные платы промышленного изготовления часто изготовляют из пластмасс с запрессованными в них лепестками.

Печатный монтаж

Из стандартного фольгированного гетинакса промышленного производства можно изготовить монтажные платы с плоскими соединительными проводниками для так называемого печатного монтажа. Для этого надо удалить с поверхности платы часть фольги химическим стравливанием или механическим путем.

Химическое стравливание. Рисунок монтажных соединений вычерчивают на бумаге (рис. 9-15, *а*), лучше всего на миллиметровке, и через копирку переводят его на поверхность фольгированного гетинакса. Соединительные проводники, которые должны остаться на плате, покрывают нитролаком, цапонлаком или окрашенным клеем БФ (рис. 9-15, *б*). Места, где получились подтеки, подчищают скальпелем. Затем плату помещают в раствор хлорного железа плотностью 1,3 (в стакан емкостью 200 см^3 кладут 150 г хлорного железа и заливают его до краев водой). Травление лучше всего выполнять в кювете подходящего размера. Раствор надо помешивать или покачивать. При нормальной температуре процесс стравливания продолжается 1 *ч*, а при температуре раствора 40—50° С — 10—15 мин. Готовую плату (рис. 9-15, *в*) необходимо тщательно промыть в холодной, а затем в горячей воде и сразу после этого покрыть

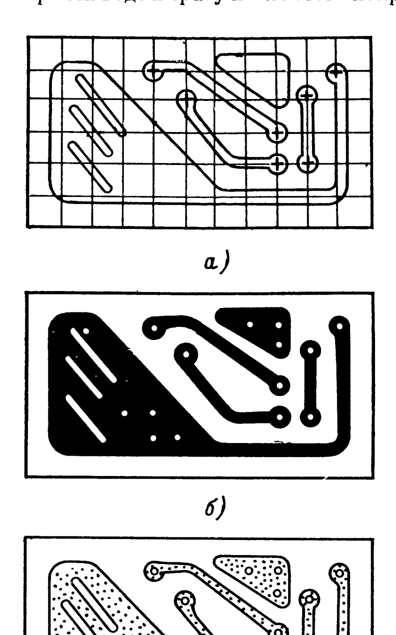


Рис. 9-15.

канифольным лаком или жидким паяльным флюсом.

Механический способ удаления фольги. Разметив плату, нужно нанести карандашом линии в тех местах, где необходимо снять

фольгу. Зубоврачебным бором, зажатым в патрон, укрепленный на оси быстроходного электродвигателя, «сфрезеровывают» фольгу на глубину, несколько большую ее толщины (рис. 9-16, *а*). Для этого же можно использовать резак из обломка ножовочного полотна (рис. 9-16, *б*).

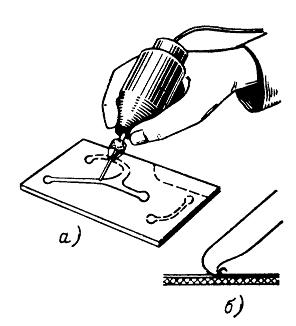


Рис. 9-16.

Фольгирование изоляционной платы. Фольгированную плату можно изготовить в домашних условиях. Основание платы (органическое стекло, эбонит, гетинакс, прессшпан, текстолит или другой подходящий материал) обезжиривают путем промывания в растворе соды, ацетона, спирта или эфира, зачищают мелкой шкуркой и приклеивают к плате клеем БФ-2 или БФ-4 предварительно обезжиренную и зачищенную медную или латунную фольгу. Нанесенный на основание платы клей должен слегка подсохнуть.

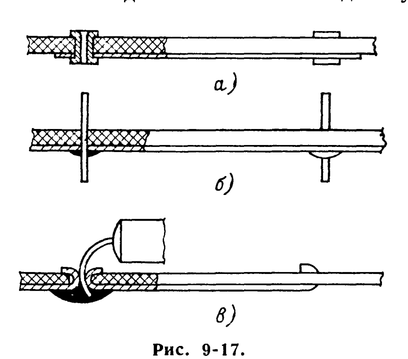


Рис. 9-17.

Склейку производят после второго нанесения клея. После склейки плату просушивают под прессом в течение 48 ч при комнатной температуре или 3—4 ч при температуре 100 °С (для гетинакса и текстолита).

Плоские соединительные проводники (медную, латунную фольгу или жесть от консервных банок) можно приклепать к плате пистонами (рис. 9-17, *а*), напаять на шпильки (рис. 9-17, *б*) либо сделать на соединительных проводниках хвостики и загнуть их в отверстиях платы (рис. 9-17, *в*). В этом случае кроме выводов деталей закрепляются пайкой и проводники. Пайка выводов деталей призводится в отверстиях плоских проводников.

Монтаж полупроводниковых приборов

При монтаже полупроводниковых приборов следует руководствоваться следующим

1. Проволочные выводы электродов транзисторов малой мощности, германиевых и кремниевых диодов и селеновых выпрямительных столбов можно изгибать на расстоянии не менее 5 мм от корпуса (от стеклянного изолятора). Выводы диодов Д9Б—Л допускается осторожно изгибать на расстоянии 3 мм от стеклянного корпуса. Изгиб должен быть плавным.

2. Жесткие выводы (лепестки) транзисторов и диодов средней и большой мощности изгибать недопустимо, так как это может привести к растрескиванию их стеклянных изоляторов и нарушению герметичности приборов.

3. Чтобы не перегреть полупроводниковый прибор во время пайки, необходимо:

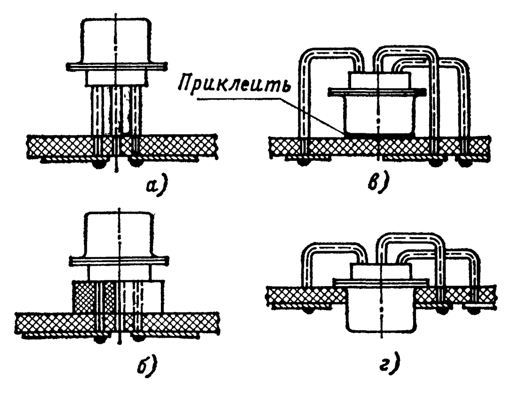


Рис. 9-18.

а) пайку гибких выводов производить на расстоянии не ближе 10 мм от корпуса прибора (изолятора); различные способы монтажа транзисторов малой мощности на платах, при котором обеспечивается соблюдение этого условия, показаны на рис. 9-18. Крепление согласно рис. 9-18, *а* применяется только в макетах и временных («летучих») схемах;

б) процесс пайки выводов должен быть по возможности кратковременным (не более 5—10 с); если пайка не удалась, то ее можно повторить не ранее чем через 2—3 мин;

в) при навесном монтаже вывод во время пайки должен быть плотно зажат плоскогубцами между корпусом прибора и местом пайки; при этом тепло, распространяющееся по проводнику от паяльника, будет поглощаться плоскогубцами (они играют роль теплоотвода);

г) строго следить за тем, чтобы паяльник даже на короткое время не прикасался к корпусу диода, транзистора или к шайбам селенового выпрямительного столба открытой конструкции и чтобы на них не попадали капли припоя и паяльного флюса.

4. Транзисторы средней и большой мощности крепят к монтажной панели (к шасси,

к радиатору) с помощью накидных фланцев *3* и винтов *4* (см. рис. 9-10). При этом следует соблюдать следующее:

а) отверстия в радиаторе для выводов полупроводниковых приборов и винтов, крепящих фланцы, должны иметь возможно меньшие диаметры, чтобы была исключена возможность замыкания выводов на радиатор. Недопустимо для всех выводов транзистора большой мощности делать общее отверстие;

б) прибор должен быть плотно привинчен к радиатору в его центре и прилегать к нему всей поверхностью, через которую проходят выводы. В месте крепления транзистора поверхность радиатора должна быть отшлифована по 7-му классу точности;

в) всегда желательно крепить транзистор непосредственно на радиаторе (без изоляционной прокладки). При этом коллектор транзистора будет соединен с радиатором, и если соединение коллектора с корпусом не предусмотрено электрической схемой, то радиатор нужно изолировать от корпуса (см. рис. 9-10);

г) поверхность транзистора, прилегающую к радиатору, надо покрывать слоем вязкого невысыхающего минерального масла (силиконового), которое заполняет воздушные зазоры, улучшая передачу тепла от корпуса транзистора к радиатору.

5. Оберегать полупроводниковые приборы от механических повреждений. Сколы стеклянных изоляторов, искривление селеновых шайб и повреждение их окраски может ухудшить работу приборов или привести в негодность.

6. Не допускать попадания между шайбами селеновых столбов металлических частиц (капли припоя, стружка). Не производить разборку столбов, так как после новой сборки их параметры могут заметно ухудшиться.

Соединительные проводники

Электрический монтаж выполняют обычно медными проводниками. Монтажный проводник должен быть надежно соединен механически с выводом детали или другим проводником и между ними должен быть хороший электрический контакт. Надежность механического соединения достигается скручиванием проводников с выводами деталей и с другими проводниками, а хороший электрический контакт — пайкой, сваркой или свинчиванием соединяемых проводников.

Для монтажа широко применяют круглые провода диаметром 0,5—2 мм. Для соединения контуров с переключателями и деталей малогабаритного транзисторного приемника и т. п. иногда используют более тонкие провода (диаметром не менее 0,35 мм).

Монтаж на платах целесообразно выполнять посеребренным или луженым (можно медным без покрытия) проводом диаметром 0,5—0,8, а жесткий навесной монтаж — проводом диаметром 1—1,5 мм. Для защиты от замыканий на провода надевают кембриковые (линоксиновые) или полихлорвиниловые трубки. При невысоких рабочих напряжениях можно использовать обмоточные провода с эмалевой изоляцией. Для жгутового монтажа предпочтительнее многожильные монтажные провода.

Соединение проводов. Соединение проводов между собой и с выводами деталей выполняют пайкой легкоплавкими припоями, сваркой или специальными зажимами. Одножильные провода диаметром до 2 мм скручивают, как показано на рис. 9-19, *а*. Провода

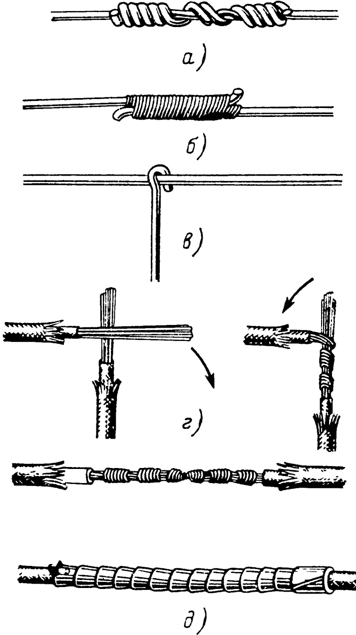


Рис. 9-19.

больших диаметров удобнее сращивать при помощи проволоки диаметром 0,2—0,5 мм (рис. 9-19, *б*) с последующей пропайкой. При необходимости сделать отвод от провода к нему прикручивают (не менее одного оборота) другой проводник (рис. 9-19, *в*) и соединение пропаивают.

Многожильные провода соединяют, как показано на рис. 9-19, *г*. Если провод имеет хлопчатобумажную изоляцию, то нужно обмотать изоляционной лентой не только место соединения, но и начало хлопчатобумажной оплетки на длину не менее 5—10 мм (рис. 9-19, *д*). Скрутку многожильных проводов делают заглаженной, чтобы отдельные концы жил не прокололи изоляционную ленту и не соединились с другими проводниками или с шасси.

Последовательность операций разделки многожильного провода под зажим или винт показана на рис. 9-20. Для надежности контакта колечко и скрутку на конце провода следует пропаять.

Для надежности соединения проводов малого сечения (0,07—0,14 мм^2) пайку нужно осуществлять с использованием Т-образных

наконечников из латуни толщиной 0,2—0,35 мм (рис. 9-21, *а*).

Для винтовых соединений, часто разбираемых в процессе эксплуатации аппарата, концы монтажных проводов надо армировать кабельными наконечниками. Наконечник по рис. 9-21, *б* требует полного свинчивания гайки или отвинчивания винта, а наконечники по рис. 9-21, *в* и *г* не требуют этого.

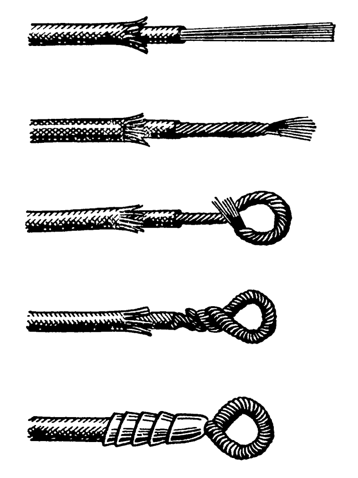


Рис. 9-20.

При отсутствии кабельных наконечников или невозможности их изготовления из листового материала (толщина 0,5—2 мм) можно их изготовить из голой медной проволоки диаметром 0,8—1,5 мм (рис. 9-21, *д*). Такой наконечник соединяют с проводом при помощи проволочной спирали, состоящей из 10—15 витков. Если пропаять только часть витков спирали, то непропаянные витки будут играть роль пружинного демпфера, не позволяющего обломать провод у кабельного наконечника. На спираль рекомендуется надеть изоляционную трубку.

Зачистка проводов. Удалять с одножильных проводов эмалевую, хлопчатобумажную или пластмассовую изоляцию ножом или лезвием безопасной бритвы нужно очень аккуратно, потому что на проводе остаются вмятины, значительно уменьшающие его прочность. Для многожильных проводов такая зачистка еще опаснее, так как часть жил может отвалиться, а оставшиеся жилы станут непрочными. Поэтому эмалевую изоляцию (особенно с проводов малого диаметра) рекомендуется счищать мелкой наждачной бумагой (рис. 9-22, *а*). Таким же способом можно счищать и нитяную изоляцию, предварительно обжигая ее на спичке.

Для облегчения зачистки многожильных эмалированных проводов рекомендуется их концы нагреть в пламени спички или спиртовки, а затем быстро опустить в спирт. При этом эмаль трескается и частично осыпается. После этого для полного удаления эмали часто достаточно протереть провод ватой или слегка зачистить самой мелкой наждачной бумагой. Провода с высокопрочными эмалями, например ПЭВ, можно зачищать только мелкой наждачной бумагой.

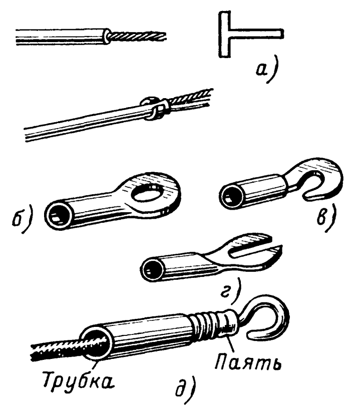


Рис. 9-21.

Для удаления пластической или хлопчатобумажной изоляции можно использовать старые кусачки, в которых нужно высверлить ряд отверстий (диаметром, равным внутреннему диаметру изоляции) и заточить их края. Такими кусачками сдергивают изоляцию так, как показано на рис. 9-22, *б*. Можно приспособить для этого пинцет из стальной пружины с регулировкой минимального размера отверстия (рис. 9-22, *в*).

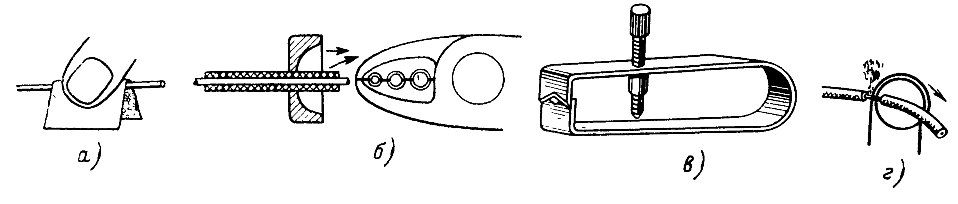


Рис. 9-22.

Удобно и легко удалять изоляцию при помощи обжигалки, сделанной из проволоки от спирали электроплитки, свернутой в виде витка (рис. 9-22, *г*). Такая обжигалка должна нагреваться за 3—7 с от источника низкого напряжения (например, от электросети через понижающий трансформатор). Нагретым витком обжигалки проводят по месту провода, где нужно отделить от него изоляцию; изоляционная оболочка в этом месте сгорает

и отделившийся ее кусок легко сдергивается рукой.

Заделка концов проводов. Чтобы защитить концы многожильных проводов с наружной оплеткой из ниток от разлохмачивания, производят их оклетневку (рис. 9-23). Чтобы

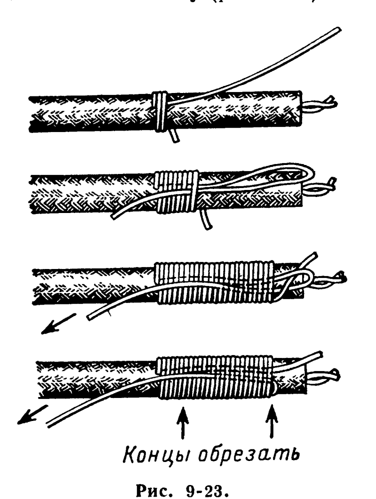


Рис. 9-23.

избежать разлохмачивания концов металлической оплетки экранированного провода, на конец оплетки навивают спираль из мягкой медной луженой проволоки диаметром 0,2—0,3 мм и пропаивают этот манжет. Если же оплетку нужно подпаять к шасси или к лепестку, то на расстоянии 15—20 мм от конца провода пинцетом раздвигают жилки

Монтажная пайка

При монтаже применяют преимущественно электрические торцевые паяльники мощностью 40—120 Вт. При изготовлении транзисторной аппаратуры используют торцевые

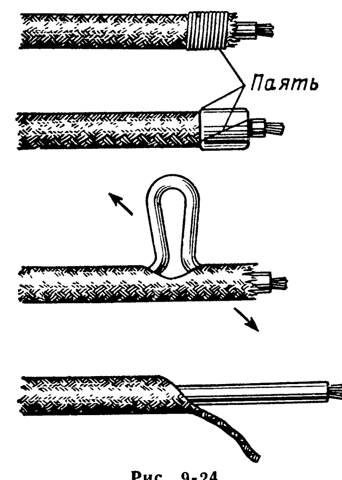


Рис. 9-24.

паяльники мощностью до 40 Вт с диаметром жала 5 мм. Применяют также импульсные паяльники. Для хорошего выполнения пайки необходимо регулировать температуру жала паяльника путем переключения отводов автотрансформатора или при помощи реостата.

Прежде чем приступить к пайке, выводы деталей и концы проводов необходимо выпря-

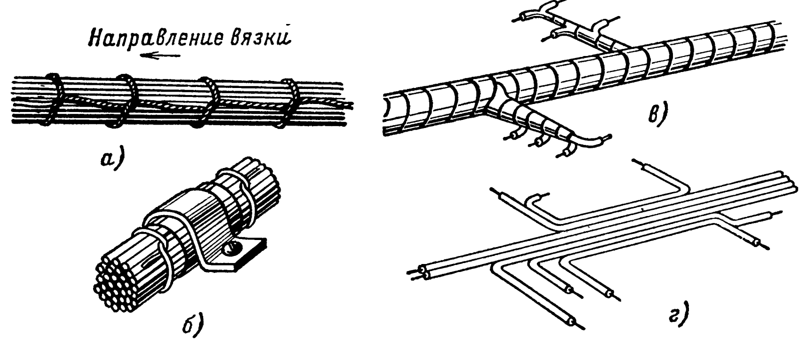


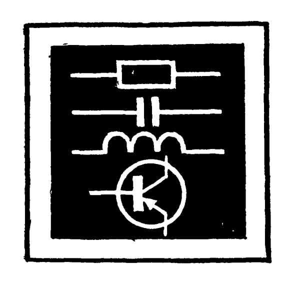
Рис. 9-25.

оболочки, через образовавшееся отверстие вытаскивают провод и оставшийся хвост оболочки сплющивают и пропаивают (рис. 9-24).

Вязка жгутов. Жгуты из проводов увязывают ниткой, продергивая ее так, чтобы получилась самозатягивающаяся петля (рис. 9-25, *а*). Для прочности нитки протирают воском. Прикреплять такой жгут к шасси можно при помощи скоб (рис. 9-25, *б*). Вместо ниток можно использовать клейкую ленту (рис. 9-25, *в*). Однослойный (плоский) жгут можно приклеить к шасси (рис. 9-25, *г*), но в этом случае между проводниками и шасси будут большие паразитные емкости.

мить, зачистить и облудить. При облуживании на конец провода или вывод детали кисточкой наносят каплю флюса и прогревают его паяльником с припоем. Если на паяльнике излишне много припоя, то сразу же после облуживания следует протереть контакт тряпочкой, чтобы не залить отверстие в монтажных лепестках и не увеличить значительно диаметр облуживаемого провода. Закрепив затем конец детали или провода в отверстие лепестка, нужно тщательно пропаять это место.

Припаивая концы проводников к контактам ламповой панели, рекомендуется вставлять в нее старую лампу.



КОМПОНЕНТЫ РАДИОЭЛЕКТРОННОЙ АППАРАТУРЫ

РАЗДЕЛ 10

СОДЕРЖАНИЕ

10-1. ПРИЕМНО-УСИЛИТЕЛЬНЫЕ И МАЛОМОЩНЫЕ ГЕНЕРАТОРНЫЕ ЛАМПЫ

Конструктивные виды ламп

Конструктивный вид приемно-усилительной лампы указывает вторая буква (четвертый элемент) в ее обозначении.

С — в стеклянном баллоне, диаметр более 22,5 мм;

К — в керамической оболочке;

П — стеклянная миниатюрная (пальчиковая), диаметр 19 и 22,5 мм;

Г — стеклянная сверхминиатюрная, диаметр более 10,2 мм;

Б — стеклянная сверхминиатюрная, диаметр до 10,2 мм;

А — стеклянная сверхминиатюрная, диаметр до 8 мм;

Р — стеклянная сверхминиатюрная, диаметр до 5 мм;

Л — с замком в ключе цоколя;

Д — с дисковыми впаями («маячковая», «карандашная»);

Н — металлокерамическая, нувистор.

Лампы, отличающиеся дополнительными свойствами, имеют в конце обозначения букву: В — повышенной надежности и механической прочности; Д — с долговечностью 10 000 ч и более; Е — с долговечностью 5 000 ч и более; И — для работы в импульсном режиме.

Применяемые в приемно-усилительной аппаратуре маломощные кенотроны и диоды принято также относить к числу приемно-усилительных ламп.

Первые две буквы в обозначении генераторной лампы указывают ее назначение и частотный диапазон.

Таблица 10-1

Расположение штырьков ламп широкого применения

Тип лампы	Схема расположения штырьков по рис. 10-1	Порядок соединения электродов со штырьками								
		1	2	3	4	5	6	7	8	9
1А2П	7П	н, с5	а	с2, с4	с1	с5	с3	н	х	х
1Б2П	7П	н, с3	—	ад	с2	ат	с1	н	х	х
1К2П	7П	н	а	с2	—	с3, э	с1	н	х	х
1Ц7С[1]	7П	—	н	—	х	—	х	н	х	х
1Ц11П[1]	7П	н1	—	—	н1	н2	—	н1	х	х
1Ц21П[1]	9П	н1, к	н2	—	н1, к	н2	н1, к	—	н2	н1, к
2Ц2С[1]	ОК	—	н	х	—	—	х	н, к	—	—
3Ц16С[1]	ОК	н, к	н	н, к	—	н, к	н	н, к	—	х
3Ц18П[1]	7П	н, к	—	—	н, к	н	—	н, к	х	х
5Ц3С	ОК	—	н	х	а1	х	а2	х	н, к	х
5Ц4С	ОК	х	н	х	а1	х	а2	х	н, к	х
6А2П	7П	с1	к, с5	н	н	а	с2, с4	с3	х	х
6Г1	ОК	б	с	к	ад1	ад2	ат	н	н	х
6Г2	ОК	б	с	к	ад1	ад2	ат	н	н	х
6Г7[2]	ОК	б	н	ат	ад1	ад2	х	н	к	х
6Д14П[3]	9П	—	а	—	н	н	—	а	—	а
6Д20П[3]	9П	—	а	—	н	н	—	а	—	а
6Е1П	9П	с	к	ф	н	н	—	а	ф	ф
6Е2П	9П	а1	с[4]	а2	н	н	с2	к	с1	ф
6Е5С	ОК	х	н	а	х	с	ф	н	к	х
6Ж1П	7П	с1	к, с3	н	н	а	с2	к, с3	х	х
6Ж2П	7П	с1	к, э	н	н	а	с2	с3	х	х
6Ж3П	7П	с1	к, э	н	н	а	с2	к	х	х
6Ж4	ОК	б	н	с3	с1	к	с2	н	а	х
6Ж4П	7П	с1	с3, э	н	н	а	с2	к	х	х
6Ж5П	7П	с1	л	н	н	а	с2	к	х	х
6Ж9П	9П	к	с1	к	н	н	—	а	с3, э	с2
6Ж10П	9П	к	с1	к	н	н	—	а	с3, э	с2
6Ж11П	9П	к	с1	к	н	н	—	а	с3, э	с2
6Ж20П	9П	с1[5]	с2[6]	с1[5]	н	н	а	к	с3	с1
6Ж21П	9П	с3	л	а	н	н	с1	с2	с1	к
6Ж22П	9П	с3	л	а	н	н	с1	с2	с1	к
6Ж23П	9П	к	с1	к	н	н	а1	с3	а2	с2
6Ж32П	9П	с2	э	к	н	н	а	э	с3	с1
6Ж38П	7П	с1	к, с3, э	н	н	а	с2	к, с3, э	х	х
6Ж40П	7П	с1	к	н	н	а	с2	с3	х	х
6Ж43П-Е	9П	к	с1	к	н	н	а1	с3	а2	с2
6Ж44П	9П	с1	с3	а	н	н	с1	с2	л	к
6Ж49П-Д	9П	к	с1	к	н	н	—	а	с3	с2
6И1П	9П	сг2, сг4	сг1	к, э, сг5	н	н	аг	сг3	ат	ст
6К1П	7П	с1	к	н	н	а	с2	н, с3	х	х
6К4П	7П	с1	с3, э	н	н	а	с2	к, э	х	х
6К8П	7П	с1	к	н	н	а	с2	с3	х	х
6К13П	9П	к	с1	к	н	н	э	а	с2	с3
6Н1П	9П	а1	с1	к1	н	н	а2	с2	к2	э
6Н2П	9П	а1	с1	к1	н	н	а2	с2	к2	э
6Н3П	9П	н	к1	с1	а1	э	а2	с2	к2	н
6Н5П	9П	а1	с1	к1	н	н	а2	с2	к2	э
6Н5С	ОК	с1	а1	к1	с2	а2	к2	н	н	х
6Н6П	9П	а1	с1	к1	н	н	а2	с2	к2	э
6Н7С	ОК	—	н	а1	с1	с2	а2	н	к	х
6Н8С	ОК	с1	а1	к1	с2	а2	к2	н	н	х
6Н9С	ОК	с1	а1	к1	с2	а2	к2	н	н	х
6Н12С	ОК	с1	а1	к1	с2	а2	к2	н	н	х
6Н13С	ОК	с1	а1	к1	с2	а2	к2	н	н	х
6Н14П	9П	к1	с1, э	а1	н	н	с2	к2	к2	а2

Продолжение табл. 10-1

Тип лампы	Схема расположения штырьков по рис. 10-1	Порядок соединения электродов со штырьками								
		1	2	3	4	5	6	7	8	9
6Н15П	7П	а2	а1	н	н	с1	с2	к	х	х
6Н23П	9П	а1	с1	к1	н	н	а2	с2	к2	э
6Н24П	9П	к1	с1, э	а1	н	н	с2	к2	к2	а2
6Н26П	9П	н	к1	с1	а1	э	а2	с2	к2	н
6Н27П	9П	а1	с1	к1	н	н	а2	с2	к2	э
6П1П	9П	а	с2	к, л	н	н	а	с1	к, л	с2
6П3С	ОК	х	н	а	с2	с1	х	н	к, л	х
6П6С	ОК	х	н	а	с2	с1	х	н	к, л	х
6П13С [1]	ОК	х	н	к, л	х	с1	х	н	с2	х
6П14П	9П	—	с1	к, с3	н	н	—	а	—	с2
6П15П	9П	с3, э	с1	к	н	н	с3, э	а	—	с2
6П18П	9П	—	с1	к, с3	н	н	—	а	—	с2
6П20С [1]	ОК	с2	н	к, л	с1	с1	к, л	н	с2	х
6П21С [1]	ОК	л [7]	н'	с2	л [7]	с1	л [7]	н	х	х
6П23П [1]	9П	л [7]	с2	л [7]	н	н	л [7]	с1	с2	л [7]
6П27С	ОК	х	н	а	с2	с1	х	н	к, л	х
6П31С [1]	ОК	х	н	х	с2	с1	х	н	к, л	х
6П33С	9П	с1	с1	к, с3	н	н	с2	а	—	с2
6П34С	ОК	а	н	к, л	х	с1	х	н	с2	х
6П36С [1]	9С	с1	с1	к, л	н	н	с2	с2	к, л	—
6П42С [1]	9С	с1	с1	к, л	н	н	с2	с2	к, л	—
6С1П	7П	а	к	н	н	а	с	к	х	х
6С2П	7П	с	к	н	н	с	с	а	х	х
6С2С	ОК	х	н	а	х	с	х	н	к	х
6С3П	9П	—	с	к	н	н	к	к	к	а
6С4П	9П	с, э	с, э	к	н	н	к	с, э	с, э	а
6С15П	9П	к	с	к	к	н	к	а	с	к
6С19П	9П	а	с	а	н	н	а	с	а	к
6С20С [1]	ОК	к, э	н	—	—	с	—	н	—	х
6С39С [1]	7С	н	к	к	с	к	к	н	х	х
6С40П [1]	9П	к, э	—	—	н	н	—	—	—	с
6С41С	7С	н	—	к	а	с	—	н	х	х
6С45П-Е	9П	к	с	к	н	н	к	а	с	к
6Ф1П	9П	ат	сп1	сп2	н	н	ап	кп, сп3, э	кт	ст
6Ф3П	9П	ст	кп, э, л	сп2	н	н	ап	сп3	кт	ат
6Ф4П	9П	ст	ат	кт	н	н	ап	кп, сп3, э	сп1	сп2
6Ф5П	9П	ат	ст	кт	н	н	ап	сп2	кп, л, э	сп1
6Х2П	7П	к1	а1	н	н	к2	э	а1	х	х
6Х6С	ОК	э	н	а1	к1	а2	—	н	к2	х
6Ц4П	7П	а1	—	н	н	к	—	а2	х	х
6Ц5С	ОК	х	н	а1	х	а2	х	н	к	х
6Ц10П [3]	9П	—	а	—	н	н	—	а	—	—
6Ц13П	9П	—	—	э	н	н, к	—	—	—	—
6Ц17С	ОК	а	—	к	—	а	—	н	н	х
6Ц19П [3]	9П	—	а	—	н	н	—	а	—	—
ГП5	9С	к	—	к	н	н	—	к	с	—

[1] Анод выведен к колпачку на баллоне.
[2] Сетка выведена к колпачку на баллоне.
[3] Катод выведен к колпачку на баллоне.
[4] Индикаторная сетка.
[5] Катодная сетка.
[6] Управляющая сетка.
[7] Лучеобразующие пластины соединены со средней точкой нити накала (лампы прямого накала).

Расположение штырьков приемно-усилительных ламп

В табл. 10-1 приняты следующие сокращенные обозначения конструктивных видов ламп и их электродов: 7П — семиштырьковая пальчиковая (⌀19 мм), 7С — семиштырьковая стеклянная (диаметр баллона более 25 мм), 9П — девятиштырьковая пальчиковая (⌀22 мм), ОК — с октальным цоколем (с ключом); а — анод, б — баллон металлической лампы, к — катод, л — лучеобразующие пластины лучевого тетрода, н — нить накала, подогреватель в лампе с косвенным накалом, с — сетка, э — экран внутри баллона, ф — флуоресцирующий экран, х — штырек отсутствует, «—» — с данным штырьком электрод не соединен.

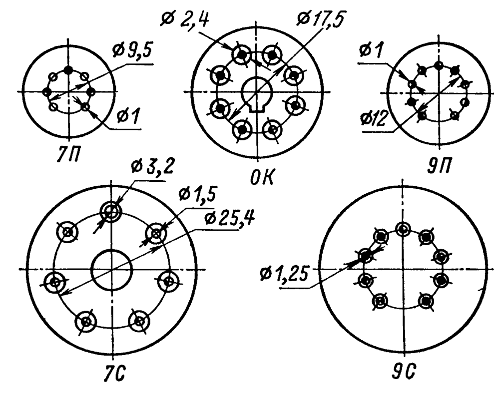


Рис. 10-1.

Для ламп, объединяющих два диода или триода, а также для многосеточных ламп к буквам а, к, с добавляется цифра, указывающая порядковый номер электрода, например: к2 — катод второго триода, с2 (для двойного триода) — сетка второго триода, с2 (для пентода и тетрода) — вторая (экранирующая) сетка. Для комбинированных ламп к буквам а, к, с добавляется вторая буква: г — гептод, п — пентод, т — триод, д — диод (например, аг — анод гептода в триод-гептоде, сп1 — управляющая сетка пентодной части триод-пентода).

Предельно допустимые эксплуатационные значения параметров ламп

Предельно допустимые эксплуатационные значения параметров ламп определяют электрические и тепловые режимы их работы, превышение которых может привести к необратимому изменению параметров ламп и быстрому выходу ламп из строя вследствие потери эмиссии катода, перегорания подогревателя (нити накала), междуэлектродного электрического пробоя или перегрева электродов, в первую очередь анода и экранирующей сетки.

Вместе с тем аппаратура будет недостаточно надежной, если лампы работают при максимальных напряжениях и токах, и особенно когда имеет место одновременно больше одного максимально допускаемого режима.

Максимально допустимый анодный или катодный ток $I_{а.\,макс}$, $I_{к.\,макс}$. Для некоторых типов ламп, предназначенных для работы в импульсном режиме (например, в генераторах строчной развертки телевизоров), кроме среднего допустимого тока катода (постоянная составляющая), указывается его максимальное импульсное значение.

Максимально допустимое постоянное напряжение на аноде $U_{а.\,макс}$. Для ламп, предназначенных для работы в импульсных схемах, дополнительно регламентируется предельное допустимое импульсное обратное напряжение на анодах.

Максимально допустимая мощность, рассеиваемая на аноде и на экранирующей сетке, $P_{а.\,макс}$, $P_{с2макс}$.

Максимально допустимое сопротивление в цепи управляющей сетки $R_{с.\,макс}$. Этот параметр указывается для отдельных типов ламп. Превышение значения $R_{с.\,макс}$ может привести к нарушению работы лампы и выходу ее из строя.

Максимально допустимый выпрямленный ток кенотрона, (диода) $I_{в.\,макс}$ ограничивается мощностью потерь на аноде или эмиссией катода (табл. 10-2 и 10-3).

Максимально допустимая амплитуда обратного напряжения диода (кенотрона) $U_{обр\,m\,макс}$ — наибольшее напряжение на аноде во время отрицательного полупериода подводимого напряжения, при котором не возникает пробоя внутри диода (кенотрона) или между штырьками его цоколя.

Основные параметры ламп с управляющими сетками

Средние значения электрических параметров приемно-усилительных ламп с сетками и некоторых маломощных генераторных ламп, соответствующие номинальным режимам их работы, указаны в табл. 10-4—10-10. Номинальное напряжение накала ламп с цифрой 1 в начале обозначения $U_н = 1{,}2$ В, ламп с цифрой 2—2,2 В, ламп с обозначением, начинающимся с числа 6, — 6,3 В и с числа 12 — 12,6 В.

Крутизна характеристики S показывает, на сколько миллиампер изменится анодный ток $I_а$ при изменении напряжения управляющей сетки $U_{с1}$ на один вольт при неизменных напряжениях на остальных электродах лампы.

Внутреннее сопротивление R_i (сопротивление лампы переменному току) — это отношение приращения анодного напряжения к вызываемому им приращению анодного тока $I_а$ при неизменных напряжениях на остальных электродах лампы.

Коэффициент усиления μ показывает, во сколько раз сильнее влияет на анодный ток изменение сеточного напряжения по сравнению с изменением анодного напряжения при постоянных напряжениях на остальных электродах и $\tau_а = \mathrm{const}$.

Таблица 10-2

Диоды

Тип лампы	$U_н$, В	$I_н$, А	$U_{обр\,m\,макс}$, А	$I_{в.\,макс}$, мА	$I_{m\,а.\,макс}$, мА	$C_{а.\,к}$ не более, пФ	D не более, мм	h не более, мм
				Диоды с одним анодом				
2Д2С	1,5	1,5	200	—	40	0,8	32	45,5
6Д6А	6,3	0,15	450	8	10	3,5	7,2	36 *
6Д3Д	6,3	0,77	200	27	150	3	33	50
6Д10Д	6,3	0,75	100	10	30	3,5	20	40
6Д15Д	6,3	0,33	200	8	750 **	1,5	20	36
6Д16Д	6,3	0,24	450	—	2 000 **	2	7,5	29 *
				Двойные диоды				
6Х2П	6,3	0,3	450	17	90	4,8	19	48
6Х6С	6,3	0,3	465	16	50	5	33	85
6Х7Б	6,3	0,3	450	10	70 **	5,8	10	36
				Демпферные диоды				
6Д14П	6,3	1,1	5 600	150	600	10	22,5	75
6Д20П	6,3	1,8	6 500	220	600	10	22,5	90
6Ц10П	6,3	1,1	4 500	120	450	—	22,5	75
6Ц17С	6,3	1,8	4 500	215	1 200	11	33	100
6Ц19П	6,3	1,1	4 500	120	450	8	22,5	75
6Д22С	6,3	1,9	6 000	300	1 000	13,5	30	100

* Высота без выводов.
** В импульсе.

Таблица 10-3

Кенотроны

Тип лампы	$U_н$, В	$I_н$, А	R_i, Ом	$U_{обр\,m\,макс}$, В	$I_{m\,а.\,макс}$, мА	$I_{в.\,макс}$, мА	D не более, мм	h не более, мм
				Кенотроны с одним анодом *				
1Ц1С	0,7	0,19	7 500	15 000	5	0,5	33	90
1Ц7С	1,25	0,2	14 000	30 000	17	2	33	105
1Ц11П	1,2	0,2	20 000	20 000	2	0,3	19	60
1Ц20Б	1	0,25	—	10 000	1	0,3	10,2	86
1Ц21П	1,4	0,69	—	25 000	40	0,6	22,5	80
3Ц16С	3,15	0,21	—	35 000	80	1,1	33	105
3Ц18П	3,15	0,21	15 000	25 000	15	1,5	19	65
3Ц22С	3,15	0,4		36 000		2	30	90
5Ц12П	5,0	0,87	500	5 000	350	50	22,5	75
6Ц13П	6,3	0,95	120	1 600	900	120	22,5	75
				Кенотроны с двумя анодами				
5Ц3С	5,0	3,0	200	1 700	750	250	52	140
5Ц4С	5,0	2,0	150	1 350	375	122	42	115
6Ц4П	6,3	0,6	250	1 000	300	75	19	62
6Ц5С	6,3	0,6	250	1 100	300	70	33	75

* Лампы для преобразования импульсного напряжения обратного хода строчной развертки телевизоров в постоянное высокое анодное напряжение кинескопов (кроме 6Ц13П).

Таблица 10-4

Триоды и двойные диод-триоды

Тип лампы	Номинальные электрические режимы и параметры							Предельно допустимые эксплуатационные значения параметров				Емкость не более, пФ			Размеры не более, мм	
	$I_н$, А	$U_а$, В	$U_с$, В ($R_к$, Ом)	$I_а$, мА	S, мА/В	μ	R_i, кОм	$R_с$ не более, МОм	$U_{а.макс}$, В	$I_{к.макс}$, мА ($I_{а.макс}$)	$P_{а.макс}$, Вт	$C_{вх}$	$C_{вых}$	$C_{прох}$	D	h[1]
6С1П	0,15	250	—7	6,1	2,35	27,2	11,6	—	275	—	1,8	1,8	1,4	1,70	19	49
6С2Б	0,25	150	(100)	11,5	11	50	—	1	250	40	2,5	9,0	6,0	0,25	10,2	43
6С2П	0,40	150	(100)	14	11,5	48	—	0,25	165	25	2,5	6,6	4,8	0,24	19	58
6С3Б	0,15	250	(1 500)	8,5	2,2	14	—	0,75	300	12	2,5	3,7	5,4	3,2	10,2	40
6С3П	0,30	150	(100)	16	19,5	50	—	1	160	35	3,0	7,4	1,7	2,2	22,5	56,5
6С4П	0,30	150	(100)	16	19,5	50	—	1	160	35	3,0	13	4,2	0,17	22,5	56,5
6С6Б	0,20	120	—2	9	5,0	25	5	1	250	14	1,4	3,95	4,4	1,42	10,2	36
6С7Б	0,20	250	—2	4,5	4,0	65	16,5	1	300	7	1,45	4,2	4,3	1,0	10,2	36
6С15П	0,44	150	(30)	40	45	52	1,24	0,15	150	52	7,8	13	2,1	5	22,5	60
6С19П	1,0	110	—7	95	7,5	—	420	0,5	350[4]	(140)	11[3]	8,0	4,0	10	22,5	72
6С20С	0,20	25 000	—9	1	0,25	2 500	—	0,5	25 000	(1,5)	25	3,0	1,0	0,1	40	125
6С27Б-К	0,2	250	(400)	4,5	4,2	70	—	1	300	7	1,45	4,2	4,3	1,0	10,2	36
6С29Б	0,31	90	(82)	11	17	40	—	1	120	35	2,4	12	5,4	0,35	10,2	43
6С31Б	0,22	50	0	40	18	17	—	1	100	60	2,5	5	1,5	4,8	10,2	44
6С32Б	0,165	200	(285)	3,5	3,5	100	—	2	250	(10)	1,5	3,5	1	1,2	10,2	31
6С34А	0,127	100	(120)	8,5	4,6	25	—	1	200	15	1,1	2,6	3,2	1,6	7,2	41
6С35А	0,127	200	(380)	3	4	70	—	1	300	7	0,9	2,8	3,3	1,7	7,2	41
6С40П	0,17	20 000	—10,5÷17,5	0,30	0,2	1 000	—	—	20 000	(0,5)	6,0	2,5	0,5	0,05	22,5	76
6С46Г-В	0,5	42	—1	60	20	7	—	0,25	250	100	4,5	6,0	1,8	7,5	13	51
6С51Н-В	0,13	80	(130)	10	11	30	—	1	120	15	1,2	5,0	2,8	2,4	11	20,3
6С52Н-В	0,13	120	(130)	8	10	60	—	—	120	15	1,2	5,0	2,8	1,0	11	20,3
Генераторные триоды диапазонов ДЦВ и СМВ																
2С49Д	0,48	250	—1	20	⩾6	65	—	—	300	50[5]	4[6]	3,3	0,1	2,0	20,7	48,5
6С13Д	0,78	300	(200)	21	5,2	35	—	—	350	35	9,0	3,1	0,03	1,6	21,7	48,
6С17К-В	0,3	175	—0,2÷1,3	10	14	135[2]	—	—	200	11	2,0	4,0	0,015	1,8	13,5	25,7
6С36К	0,32	250	—0,2÷1,5	10	12	—	—	—	300	10	3,0	3,6	0,02	2,4	15,4	28,7
6С44Д	0,33	250	—4	26	⩾6	30	—	—	300	80[5]	8[6]	4,0	0,1	2,1	20,7	48,5
6С50Д	0,37	250	—4	22	⩾6	32	—	—	1 500		8[6]	4,5	0,12	2,3	15,0	48,5
6С53Н-В	0,13	120	(68)	9	12	75	—	1,0	120	15	1,2	5,0	2,0	0,05	11	25,8

Продолжение табл. 10-4

Тип лампы	Номинальные электрические режимы и параметры							Предельно допустимые эксплуатационные значения параметров				Емкость не более, пФ			Размеры не более, мм	
	$I_н$, А	$U_а$, В	$U_с$, В ($R_к$, Ом)	$I_а$, мА	S, мА/В	μ	R_i, кОм	$R_с$ не более, МОм	$U_{а.макс}$, В	$I_{к.макс}$, мА ($I_{а.макс}$)	$P_{а.макс}$, Вт	$C_{вх}$	$C_{вых}$	$C_{прох}$	D	h[1]
Двойные диод-триоды[7]																
6Г1	0,3	250	—9	9,5	1,9	16	8,5	—	275	—	2,75	3,3	2,9	3,0	33	67
6Г2	0,3	250	—2	1,15	1,1	100	91	—	330	—	1	6	6	3	33	67
6Г7	0,3	250	—3	1,4	1,3	70	58	—	300	—	1	7	8	3	33	80

[1] Максимальная высота h сверхминиатюрных ламп (с буквой Б в обозначении типа) указана без выводов; длина гибких выводов 35—40 мм.

[2] При $I_а = 6$ мА.

[3] При $U_а > 200$ В допускается $P_а \leqslant 7$ Вт.

[4] При $P_а < 50$ Вт допускается $U_{а.макс} \approx 450$ В.

[5] Среднее значение (постоянная составляющая) анодного тока в импульсном режиме.

[6] При наличии радиатора.

[7] Приведены параметры триодных частей ламп. Максимально допустимый ток в цепи каждого диода 1 мА.

Таблица 10-5

Двойные триоды

Тип лампы	Номинальные электрические режимы и параметры *							Предельно допустимые эксплуатационные значения параметров				Емкость не более **, пФ			Размеры не более, мм	
	$I_н$, А	$U_а$, В	$U_с$, В ($R_к$, Ом)	$I_а$, мА	S, мА/В	μ	R_i, кОм	$R_с$ не более МОм	$U_{а.макс}$, В	$I_{к.макс}$, мА	$P_{а.макс}$, Вт	$C_{вх}$	$C_{вых}$	$C_{прох}$	D	h
6Н1П	0,6	250	(600)	7,5	4,5	35	11	1	300	25	2,2	4,2	2,1; 2,3	2,7	22,5	57
6Н2П	0,34	250	—1,5	2,3	2,1	100	50	0,5	300	10	1	2,7	3,0	0,7	22,5	57
6Н3П	0,35	150	—2,0 (240)	8,5	5,9	36	6,25	1	300	18	1,8	3	1,6	1,6	22,5	56,5
6Н4П	0,3	250	—4,0	3,0	1,75	41	21,6	1	300	8	1	1,9	1,75	1,6	22,5	58
6Н5П	0,6	200	(600)	9,75	4,2	27	—	1	300	25	2,2	3,8	2; 2,25	2,6	22,5	56
6Н5С	2,5	90	—30 (250)	60	4,75	—	0,45	1	250	125	13	9,5	5	9,5	22	140
6Н6П	0,75	120	—2,0	30	11	20	1,8	1	300	45	4,8	5,1	1,9; 2,1	3,5	22,5	72
6Н12С	0,9	180	—7,0	23	6,4	17	—	—	300	34	4,2	—	—	—	34	84
6Н13С	2,5	90	—30	80	5,5	—	0,46	1	250	130	13	8	3	10	52	140
6Н14П	0,35	90	—1,0	10,5	6,8	25	—	1	300	—	1,5	5,7; 3,1	3,3; 1,4	0,25; 1,8	22,5	56,5
6Н16Б***	0,4	100	(325)	6,3	5,0	20	—	1	200	14	0,9	3,4	3,2	2	10,2	41
6Н17Б***	0,4	200	(325)	3,3	3,8	75	—	1	250	10	0,9	3,8	2,2	2,1	10,2	41
6Н18Б***	0,33	100	(325)	6,3	4,9	23	—	1	200	—	0,9	3,4	1,9	2	10,2	43
6Н19П	0,65	150	(50)	14,5	13,5	70	—	—	250	50	2	4,3	1,5	4,0	22,5	60
6Н21Б	0,4	200	(330)	3,5	3,8	82	—	—	250	10	1	3,5	0,85	1,4	10,2	40

Продолжение табл. 10-5

Тип лампы	Номинальные электрические режимы и параметры *							Предельно допустимые эксплуатационные значения параметров				Емкость не более **, пФ			Размеры не более, мм	
	$I_н$, А	$U_а$, В	$U_с$, В ($R_к$, Ом)	$I_а$, мА	S, мА/В	μ	R_i, кОм	$R_с$ не более, МОм	$U_{а.макс}$, В	$I_{к.макс}$, мА	$P_{а.макс}$, Вт	$C_{вх}$	$C_{вых}$	$C_{прох}$	D	h
6Н23П	0,30	100	9,0	15	12,7	34	—	—	300	20	1,8	4,5	2,45; 2,25	1,85	22,5	56,5
6Н24П	0,30	100	9,0	15	12,5	33	—	1	300	20	1,8	4,8; 7,6	2,4; 3,75	1,45; 0,35	22,5	57
6Н27П	0,33	6,3	0	0,9	2,8	13	—	1								
		12,6	0	2,5	4,9	15	—	1	30	20	0,6	3,6	2,1; 2,4	1,6	22,5	56,5
		25	0	8,0	8,0	16	—	1								

* Указаны средние значения параметров S, μ, R_i, максимальные $I_{к.макс}$, $I_{а.макс}$, $P_{а.макс}$ для каждого триода.
** Первое значение относится к первому триоду, второе — ко второму. Если приводится одно значение, оно относится к каждому из триодов.
*** Для этих ламп высота h дана без выводов

Таблица 10-6

Пентоды и тетроды малой мощности

Тип лампы	Номинальные электрические режимы и параметры								Предельно допустимые эксплуатационные значения параметров					Емкость не более, пФ			Размеры не более, мм	
	$I_н$, А	$U_а$, В	$U_{с2}$, В	$U_{с1}$, В (или $R_к$, Ом)	$I_а$, мА	$I_{с2}$, мА	S, мА/В	R_i, кОм	$I_{к.макс}$, мА	$U_{а.макс}$, В	$R_с$ не более, МОм	$P_{а.макс}$, Вт	$P_{с2 макс}$, Вт	$C_{вх}$	$C_{вых}$	$C_{прох}$	D	h[1]
Пентоды с короткой характеристикой																		
1Ж17Б	0,048	60	40	0[2]	2,15	0,3	1,5	—	5	90	1	0,5	0,18	3,15	2,8	0,04	8,5	52
1Ж18Б	0,023	60	45	0[2]	1,35	0,25	1,5	—	2,5	90	1	0,3	0,1	4,15	2,8	0,01	8,5	52
1Ж24Б	0,013	60	45	0[2]	0,95	0,1	0,9	—	1,6	120	2,2	0,12	—	4	3,4	0,008	8,5	52
1Ж29Б	0,031[3]	60	45	0[2]	5,3	0,5	2,5	—	8	150	1	1,2	0,35	5,6	3,8	0,005	8,5	50
6Ж32Б	0,165	120	120	(200)	6	1,4	6	—	10	250	1	1,2	0,5	6,8	2,8	0,06	10,2	35
6Ж1П	0,170	120	120	(200)	7,35	3,0	5,2	300	20	200	1,0	1,8	0,55	4,7	2,8	0,03	19,0	41
6Ж2П	0,17	120	120	(200)	6,0	5,0	4,15	130	20	200	1,0	1,8	0,85	4,7	2,8	0,035	19,0	41
6Ж3П	0,3	250	150	(200)	7,0	2,0	5,0	800	20	330	0,47	2,5	0,55	7,4	3,7	0,018	19,0	50
6Ж4П	0,3	250	150	(68)	11	4,5	5,7	900	20,5	300	0,47	3,5	0,9	7,2	7,2	0,0035	19,0	55
6Ж5Б	0,25	120	120	(100)	16	4,0	10	—	28	150	1,0	2,4	0,8	6,0	4,0	0,05	10,2	43
6Ж5П	0,45	300	150	—2	10	3,5	9,0	240	20	300	1,0	3,6	0,5	10	2,6	0,03	19,0	53
6Ж9Г	0,31	120	120	0	15	5,0	17	—	35	150	1	2,4	0,7	10	4,45	0,055	13	28
6Ж9П	0,3	150	150	(80)	15	4,5	17,5	150	35	250	1,0	3,0	0,75	9,5	3,5	0,03	22,5	41
6Ж10П	0,3	200	100	(82)	6,5	5,5	10	100	35	250	1,0	3,0	0,75	10	4,8	0,02	22,5	41
6Ж11П	0,44	150	150	(50)	25	7,5	28	36	40	150	0,3	4,9	1,15	15,6	3,95	0,1	22,5	60
6Ж23П	0,44	150	150	(50)	13,5	6	15	36	40	150	0,3	2,45	1,15	16,5	3,5	0,075	22,5	57

Продолжение табл. 10-6

Тип лампы	Номинальные электрические режимы и параметры								Предельно допустимые эксплуатационные значения параметров					Емкость не более, пФ			Размеры не более, мм	
	$I_н$, А	$U_а$, В	$U_{с2}$, В	$U_{с1}$, В (или $R_к$, Ом)	$I_а$, мА	$I_{с2}$, мА	S, мА/В	R_i, кОм	$I_{к. макс}$, мА	$U_{а. макс}$, В	$R_с$ не более, МОм	$P_{а. макс}$, Вт	$P_{с2 макс}$, Вт	$C_{вх}$	$C_{вых}$	$C_{прох}$	D	h[1]
6Ж32П	0,2	250	140	—2	3,0	0,8	2,0	2 500	6	300	3	1,0	0,2	4,0	5,5	0,05	22,5	57
6Ж38П	0,19	150	100	(82)	12	3,5	10,6	360	20	300	1	3,0	0,5	8	4,0	0,02	19,0	57
6Ж40П	0,3	12,6	6,3	—	1,85	0,5	2,1	100	15	30	22	0,5	0,5	6,7	4,1	0,025	19,0	57
6Ж43П	0,48	150	150	(50)	29	6,5	29	36	46	150	0,3	3,1	1,35	15,5	3,45	0,075	22,5	50
6Ж49П-Д	0,3	150	150	(80)	15	2,45	17,5	100	22	150	0,5	2,85	0,45	9,0	3,1	0,03	22,5	50
Пентоды переменной крутизны																		
1К2П	0,03	60	45	0	1,35	0,35	0,7	1 500	3,5	90	3,0	0,3	—	3,5	5,6	0,01	19,0	50
1К12Б	0,06	60	40	0	2,3	0,7	1,0	—	5	120	1,0	0,6	0,1	4,1	3,1	0,008	8,5	40
6К1П	0,15	250	100	—3	6,6	2,7	1,8	450	—	275	—	1,8	0,33	4,1	3,9	0,01	19,0	42
6К4П	0,3	250	100	(68)	10	3,7	4,4	850	20	300	0,5	3,0	0,6	7,2	7,8	0,0045	19,0	62
6К4П-В	0,3	250	100	(68)	10	3,7	4,4	850	20	300	0,5	3,0	0,6	6	6,3	0,0035	19,0	62
6К8П	0,3	12,6	3,2	—	0,9	0,25	1,1	190	15	30	10	0,5	0,5	6,7	4,1	0,025	19,0	57
	0,3	25	6,3	—	2,75	0,75	2,1	75	15	30	10	—	—	—	—	—	—	—
6К13П	0,3	200	90	(120)	12	4,5	12,5	500	20	250	1,0	2,5	0,65	11,7	3,9	0,006	22,5	67
Тетроды																		
6Э5П	0,6	150	150	(30)	43	14	30,5	8	100	250	0,5	8,3	2,3	17	2,8	0,05	22,5	72
6Э5П-И	0,7	150	150	(30)	35	18	24	10	100	250	0,5	—	2	17	2,9	0,075	22,5	57
6Э6П-Е	0,6	150	150	(30)	44	10	30,5	15	70	250	0,5	8,25	2,1	17	6,8	0,075	22,5	67
6Э7П	0,75	5 000	25	—2,5	2	0,1	1,6	—	10	5 000	0,1	10	0,1	5,6	1,1	0,05	22,5	80
6Э12Н-В	0,14	120	50	(68)	9,5	3,6	11	—	20	250	1	2,2	0,2	8	1,9	0,015	11,0	26
Тетроды со вторичной эмиссией																		
6В1П[4]	0,4	250	250	(200)	26	3,5	28	—	20	550	—	4,5	0,8	10,2	5,4	0,008	22,5	77
6В2П	1,6	600	300	—25	—	—	300	—	—	600	—	3	1	32	20	0,2	22,5	67
6В3С	0,85	700	400	—25	—	—	300	—	—	700	—	5	1,5	17	17	0,2	24,5	70
Пентоды с катодной сеткой																		
6Ж20П[5]	0,45	150	150	—1,1	16	4	16,5	100	70	200	1	4	0,4	10	2,95	0,05	22,5	57
6Ж21П[6]	0,34	150	150	—1,1	15	5	15	95	72	200	0,15	4	—	6,2	2,15	0,042	22,5	57
6Ж22П[7]	0,47	150	150	—1,2	30	7,5	23	55	25	200	0,15	7	1,8	10	2,8	0,06	22,5	67
6Ж44П[8]	0,6	150	120	(18)	25	7	25	—	120	165	—	4,5	1,6	8,6	3,6	0,006	22,5	66

[1] Максимальная высота сверхминиатюрных ламп (с буквой Б в обозначении) указана без выводов; длина гибких выводов 35—40 мм.

[2] Напряжение на третьей сетке 0 В.

[3] При параллельном включении подогревателей: $U_н = 1,2$ В, $I_н = 0,06$ А.

[4] Напряжение динода 150 В, ток динода 15 мА.

[5] Напряжение на катодной сетке 6 В, ток катодной сетки 31 мА.

[6] Напряжение на катодной сетке 13,6 В, ток катодной сетки 35 мА.

[7] Напряжение на катодной сетке 12,6 В, ток катодной сетки 65 мА.

[8] Напряжение на катодной сетке 18 В, ток катодной сетки 55 мА.

Таблица 10-7

Выходные лучевые тетроды и пентоды

Тип лампы	Номинальные электрические режимы и параметры								Предельно допустимые эксплуатационные значения параметров					Емкость не более, пФ			Размеры не более, мм	
	$I_н$, А	$U_а$, В	U_{c2}, В	U_{c1}, В (или $R_к$, Ом)	$I_а$, мА	I_{c2}, мА	S, мА/В	R_i, кОм	$I^1_{к\ макс}$, мА	$U^1_{а.\ макс}$, В	R_c, МОм	$P_{а.\ макс}$, Вт	$P_{c2макс}$, Вт	$C_{вх}$	$C_{вых}$	$C_{прох}$	D	h
2П2П	0,06	60	60	—3,5	3,5	0,8	1,1	120	7	90	2	0,4	—	3,7	3,8	0,4	19	50
6П1П	0,5	250	250	—12,5	44	7	4,9	42,5	70	250	0,5	12	2,5	9,5	5,4	0,9	22,5	72
6П3С	0,9	250	240	—14	72	8	6	22,5	90	400	0,5	20,5	2,75	13	9,7	1	39	109
6П6С	0,45	250	250	—12,5	45	7,5	4,1	52	100	350	0,5	13,2	2,2	11,1	9,2	0,9	34	85
6П13С[3]	1,3	200	200	—19	220[5]	120[5]	9,5	23	(400)	450 (8 000)	—	14	4	20	7,5	0,9	33	110
6П14П	0,76	250	250	(120)	48	5	11,3	30	65	300[4]	1	14	2,2	13,5	10	0,4	22,5	78,5
6П15П	0,76	300	150	(75)	30	4,5	15	400	90	330	1	12	1,5	15,5	8,5	0,07	22,5	78,5
6П18П	0,76	180	180	(110)	53	8	11	22	75	250	1	12	2,5	11,5	6	0,2	22,5	78,5
6П20С[3]	2,5	175	175	—30	90	10	8,5	7	200	400 (6 000)	—	27	3,6	22,5	10	0,8	52	140
6П21С	0,7	600	200	—16	36	1,5	4	—	100	600	—	18	3,5	8,2	6,5	0,15	37	90
6П23П[2]	0,75	300	200	—16	40	5	4,5	44	100	350	—	11	3	8,3	5	0,1	22,5	75
6П27С	1,5	250	265	—13,5	100	15	10	15	150	800	0,25	27,5	8	15	11	1	39	110
6П31С[3]	1,3	100	100	—9	80	8,5	12,5	4	(600)	300 (7 000)	—	10	4	21	10	1,3	34	103
6П33П	0,9	170	170	—12,5	70	6,5	10	25	100	250	1	12	1,75	12	7	1	22,5	80
6П36С[3]	2,0	100	100	—7	120	—	20	4,5	250	250 (2 000)	—	12	5	36	21	1	40	115
6П37Н-В[3]	1,1	100	100	—7	125	6,15	20	—	200	300 (7 000)	0,5	15	1,5	30	8	0,4	28	55
6П42С[3]	2,1	—	—	—	—	—	—	—	—	250 (2 000)	2,2	24	4,5	44	14	1	46	135

[1] Для ламп, предназначенных для использования в выходных каскадах строчной развертки телевизоров, в скобках указаны максимально допустимые импульсные значения анодных токов и обратных импульсных напряжений на аноде.

[2] Лампы для ВЧ каскадов усиления мощности.

[3] Лампы для выходных каскадов блоков строчной развертки телевизоров.

[4] При $P_а < 8$ Вт допустимо $U_{а.\ макс} = 400$ В.

[5] В импульсе.

Таблица 10-8

Триод-пентоды

Тип лампы	Номинальные электрические режимы и параметры *									Предельно допустимые эксплуатационные значения параметров					Емкость не более, пФ			Размеры не более, мм	
	$I_н$, А	$U_а$, В	$U_{с2}$, В	$U_{с1}$, В ($R_к$, Ом)	$I_а$, мА	$I_{с2}$, мА	S, мА/В	R_i, кОм	μ	$I_{к. макс}$, мА	$U_{а. макс}$, В	$R_{с1}$ не более, МОм	$P_{а. макс}$, Вт	$P_{с2 макс}$, Вт	$C_{вх}$	$C_{вых}$	$C_{прох}$	D	h
6Ф1П	0,42	100	—	—2	13	—	5	—	20	14	250	0,5	1,5	—	3	3	1,7	22,5	60
		170	170	—2	10	4	6,2	400	—	14	250	1	2,5	0,7	5,5	3,4	0,025	22,5	60
6Ф3П	0,81	170	—	—1,5	2,5	—	2,5	—	75	15	250	3 **	1	—	2,2	0,4	3,7	22,5	77
		170	170	—11,5	41	14	7	15	—	60	275	1 **	8	2,5	9,3	8,5	0,3	22,5	77
6Ф4П	0,72	200	—	(600)	3	—	4	—	65	12	250	1	1	—	4	0,6	2,7	22,5	72
		170	170	(100)	18	5,5	11	100	—	40	250	1	4	1,7	9,5	4	0,1	22,5	72
6Ф5П	0,93	100	—	(160)	5,2	—	7	—	70	15	250	3,3 **	0,5	—	3,5	0,25	1,8	22,5	79
		185	185	(340)	41	2,7	7,5	23	—	75	300	2,2	9	2	11,7	8,8	0,7	22,5	79

* В первых строчках для каждой лампы приведены параметры триода, во второй — пентода. В графе «$U_{с1}$» в скобках указано сопротивление резистора в цепи катода для автоматического смещения.

** При автоматическом смещении.

Таблица 10-9

Частотопреобразовательные лампы

Тип лампы	Номинальные электрические режимы и параметры								Предельно допустимые эксплуатационные значения параметров					Емкость не более, пФ			Размеры не более, мм	
	$I_н$, А	$U_а$, В	$U_{с2+4}$, В	$U_{с1}$, В	$I_а$, мА	$I_{с2+4}$, мА	$S_{пр}$, мА/В	$S_{гет}$, мА/В	$I_{к. макс}$, мА	$U_{а. макс}$, В	$R_{с1 макс}$ не более, МОм	$P_{а. макс}$, Вт	$P_{с2+4макс}$, Вт	$C_{вх}$	$C_{вых}$	$C_{прох}$	D	h
1А2П	0,03	45	45	0	0,7	1,1	0,24	0,8	3	90	1,0	0,3	—	5,1	6,3	0,6	19	50
6А2П	0,3	250	100	—1,5	3,0	7	0,3	4,5	14	330	—	1,1	1,1	7,5	10,5	0,35	19	40
6А7	0,3	250	100	—	3,5	9	0,45	4,7	15,5	330	—	1,1	1,1	11	13	0,13	33	85
6И1П	0,3	100	—	—2	6,8	—	—	2,2	6,5	250	0,5	0,8	—	3,2	2,3	1,2	22,5	78
	—	250	100	—2	3,8	6,5	0,77	—	12,5	300	3	1,7	1,0	6,1	8,8	0,006		

Примечания: 1. Для ламп 1А2П, 6А2П и 6А7 указаны значения тока анода $I_а$, соответствующие режиму самовозбуждения их гетеродинных частей при $R_{с1}$ = 51 кОм для лампы 1А2П и 22 кОм для ламп 6А2П и 6А7.

2. Ток $I_{с2+4}$ и рассеиваемая мощность $P_{с2+4макс}$ относятся к соединенным вместе второй и четвертой сеткам.

3. Для лампы 6И1П в верхней строчке указаны параметры триодной части, в нижней строчке — гептодной.

4. Входной сигнал подается на третью сетку ламп 1А2П, 6А2П, 6А7 и на первую сетку гептодной части лампы 6И1П.

Таблица 10-9а

Генераторные лампы и некоторые усилительные лампы в генераторном режиме

Тип лампы	Номинальные электрические режимы и параметры							Предельно допустимые эксплуатационные значения параметров						Емкость не более, пФ			Размеры не более, мм	
	$U_н$, В	$U_а$, В	$U_{с2}$, В	$U_{с3}$, В	$U_{с1}$, В	$I_а$, мА	S, мА/В	$U_{а.макс}$, В	$I_{к.макс}$, мА	$P_{а.макс}$, Вт	$P_{с1\,макс}$, Вт	$P_{с2\,макс}$, Вт	$f_{пред}$, МГц	$C_{вх}$	$C_{вых}$	$C_{прох}$	D	h
1П24Б	1,2	150	125	0	—14	18	2,8	300	40	4	—	1,5	120	7,7	4,5	0,008	10,2	50
2П9М	2	250	150	—	—	—	2,5	—	—	8	—	—	30	8,5	8,5	1,0	36	109
2П29Л	2,2	160	120	0	—	—	1,9	—	20	2	—	0,7	120	4,3	5,5	0,06	32	61
4Ж1Л	4,2	150	75	0	—5	—	1,5	—	7	2	—	0,7	200	4	4,2	0,07	32	69
4П1Л	4,2	150	150	0	—12	—	6	—	50	7,5	—	1,5	100	8,5	9,4	1,0	32	75
ГУ-13	10	2 000	400	—	—	50	—	2 000	—	100	—	22	30	19,5	17,5	0,25	65	191
ГУ-15	4,4	220	200	0	—14	50	4,7	400	85	15	0,4	4	60	12	14,5	0,16	45,3	93,5
ГУ-17	6,3	200	200	—	—10	—	2,45	400	100	12	0,5	3	250	7,8	3,2	0,1	22,5	80
ГУ-18	6,3	200	—	—	—	35	22	600	130	27	1	4	600	8,4	3,2	0,6	40	85
ГУ-19	6,3	350	250	—	—	40	45	250	280	40	2	6	500	12	4	0,08	40	100
ГУ-32	6,3	250	135	—	—10	—	—	500	100	15	—	5	200	7,8	3,8	0,5	61	88
ГУ-50	12,6	800	250	0	—	50	4	1 000	230	40	1	5	120	15	10,3	0,1	45,3	95,3
ГС-4В	6,3	200	—	—	—	30	18	350	65	15	0,4	—	—	3,8	0,04	2,1	23,4	31,3
ГС-6В	6,3	250	—	—	—	30	16	450	100	28	0,5	—	—	5,5	2,4	0,06	25,5	37
ГС-11	6,3	175	—	—	—	10	9	175	10	1,5	0,1	—	—	3,5	0,015	1,6	15,4	25,1
ГС-13	6,3	250	—	—	—	30	18	300	65	13	0,4	—	—	3,8	0,04	2,1	23,4	31,3
ГС-14	6,3	350	—	—	—	30	20	400	100	88	0,5	—	—	5,5	0,06	2,3	25,5	37
ГС-16Б	6,3	500	—	—	—	100	16	475	150	54	0,3	—	6 500	4	0,04	2,1	26	54

Таблица 10-10

Электронносветовые индикаторы

Тип лампы	Номинальные электрические режимы и параметры									Предельно допустимые эксплуатационные значения параметров					Размеры не более, мм	
	$U_н$, В	$I_н$, А	$U_а$, В	$U_{кр}$, В	$U_с$, В	$I_а$, мА	$I_{кр}$, мА	S, мА/В	μ	$U_{а.макс}$, В	$U_{кр.макс}$, В	$U_{кр.мин}$, В	$R_с$ не более, МОм	$P_{а.макс}$, Вт	D	h
6Е1П	6,3	0,3	100	250	−2	2	4	0,5	24	250	250	150	3	0,2	22,5	72,5
6Е2П	6,3	0,58	150	250	−4	1,55	2,5	1,4	30	250	250	150	0,5	0,4	22,5	72
6Е3П	6,3	0,23	250	250	0	0,35	—	—	—	300	300	—	3	0,5	22,5	72
6Е5С	6,3	0,3	250	250	−4	5,3	3	1,2	24	250	250	140	—	—	33	101

П р и м е ч а н и е. $U_{кр}$, $I_{кр}$ — напряжение и ток флуоресцирующего экрана.

Параметры ламп зависят от конструктивных размеров электродов, и от напряжений на электродах, поскольку характеристики ламп нелинейны. В справочнике приводятся средние значения S, R_i и μ для номинального режима работы ламп. Такие значения параметров названы номинальными.

Крутизна преобразования $S_{пр}$ — параметр частото-преобразовательных ламп — отношение переменной составляющей анодного тока промежуточной частоты к переменному напряжению на сигнальной сетке при заданном напряжении на гетеродинной сетке.

Обычно $S_{пр} = (0{,}25 \div 0{,}35)\,S$; она возрастает при увеличении напряжения гетеродина.

Входная емкость $C_{вх}$ — емкость управляющей сетки по отношению к электродам, на которых в рабочем режиме лампы нет переменных потенциалов частоты напряжения, приложенного к цепи управляющей сетки. Для триода $C_{вх}$ — емкость между сеткой и катодом. Для пентода она равна емкости между первой (управляющей) сеткой и катодом, соединенным со второй и третьей сетками. Для гептода входная емкость равна емкости между его сигнальной сеткой и катодом, соединенным со всеми пятью сетками.

Выходная емкость $C_{вых}$ — емкость между анодом и другими электродами, на которых в рабочем режиме лампы нет переменных потенциалов той же частоты, какую имеет переменное напряжение на сопротивлении нагрузки лампы. Выходная емкость триода — емкость между анодом и катодом. Для пентода она равна емкости между анодом и катодом, соединенным со второй и третьей сетками. Для гептода $C_{вых}$ равна емкости между его анодом и катодом, соединенными со всеми пятью сетками.

Усиление лампы на высоких частотах тем больше, чем меньше сумма $C_{вх} + C_{вых}$ и чем больше S.

Проходная емкость $C_{прох}$ — емкость между анодом и управляющей сеткой лампы.

Отношение крутизны характеристики лампы к ее проходной емкости служит показателем устойчивости усиления.

Коэффициент широкополосности — отношение $S/(C_{вх} + C_{вых})$.

Эквивалентное сопротивление внутриламповых шумов $R_ш$ — активное сопротивление, на концах которого при температуре 15 °С вследствие собственного теплового движения электронов возникает напряжение шумов, равное напряжению шумов лампы, приведенному к управляющей сетке.

Для триода

$$R_ш \approx 3/S;$$

для пентода

$$R_ш \approx \frac{3}{S} + \frac{20 I_а I_{с2}}{S^2 (I_а + I_{с2})}.$$

Здесь токи $I_а$ и $I_{с2}$ выражены в миллиамперах, крутизна S — в мА/В и сопротивление $R_ш$ — в килоомах. Этот параметр имеет значение при выборе лампы для первых каскадов усилителей.

Эксплуатация ламп

Для обеспечения надежности и долговечности электронных ламп нельзя превышать максимально допустимые значения токов, напряжений и мощностей, температуры и других эксплуатационных параметров (см. табл. 10-2—10-10).

Работа при напряжении накала на 5—10% выше номинального увеличивает вероятность перегорания и обрыва подогревателей в лампах с катодами косвенного накала и приводит к преждевременному выходу из строя ламп с катодами прямого накала. При напряжении накала на 10—15% ниже номинального уменьшаются токи электродов и крутизна характеристики, повышается интенсивность отравления катода остаточными газами.

Во избежание пробоя и короткого замыкания катода с подогревателем напряжение между ними должно быть малым. Не рекомендуется последовательное соединение подогревателей (нитей накала) ламп, так как это может привести к их перегоранию, к короткому замыканию между катодом и подогревателем и к ухудшению параметров ламп.

Сопротивление резистора в цепи управляющей сетки не должно превышать указанного в таблице предельно допустимого значения R_c для данного типа лампы. При использовании ламп с большой крутизной необходимо применять автоматическое смещение. Превышение $U_{а.макс}$ может привести к междуэлектродному пробою, разрушению оксидного слоя катода, а превышение предельных мощностей к ухудшению вакуума и отравлению катода.

Нельзя эксплуатировать лампы, когда одновременно достигаются два предельных значения. Особенно опасны сочетания следующих режимов:

максимальное напряжение накала при малом токе катода или при наибольшем напряжении между катодом и подогревателем;

пониженное напряжение накала с большим током катода;

максимально допустимая мощность, выделяемая на электродах с большим сопротивлением в цепи управляющей сетки;

наибольшая температура баллона при наибольших напряжениях на электродах и малом токе катода;

наибольшая температура баллона с наибольшими мощностями, выделяемыми на электродах, и большим сопротивлением резистора в цепи управляющей сетки.

Приемно-усилительные и генераторные лампы малой и средней мощности устойчиво работают при температуре окружающей среды —60 ÷ +70 °С и повышенной относительной влажности окружающего воздуха до 38% при 20 °С.

Для ламп, требующих применения ламповых панелей, вертикальное положение следует предпочитать любому другому. Между местом пайки выводов сверхминиатюрных ламп и их баллоном нужно обеспечивать теплоотвод, зажимая вывод плоскогубцами. Изгиб выводов разрешается делать не ближе 5 мм

Таблица 10-11

Параметры кинескопов

Тип кинескопа	Номинальный электрический режим *						Предельно допустимые эксплуатационные значения параметров				Диаметр горловины не более, мм	Размеры не более **, мм
	$I_н$, А	$U_а$, кВ	$U_ф$, В	$U_у$, В	$U_{м.зап}$, В	$U_{мод}$, В	$U_{а.макс}$, кВ	$U_{ф.макс}$, В	$U_{у.макс}$, В	$I_{л.макс}$, мкА		
11ЛК1Б	0,3	9	0—250	300	(15 ÷ 35)	13	11	600	400	50	13	92×75×175
16ЛК1Б	0,3	9	0—450	300	—20	15	11	600	400	60	13	112×188
23ЛК9Б	0,065	9	0—250	300	(25 ± 10)	15	11	500	350	—	21	Ø 199×185
35ЛК2Б	0,6	12	—100 ÷ +425	300	(60 ± 30)	25	15	1 000	500	—	36,5	288×260×500
35ЛК4Б	0,52	14	0—250	—	(60 ± 30)	30	18	500	—	100	38	288×260×440
35ЛК5Б	0,6	12	—100 ÷ +425	300	(60 ± 30)	25	15	1 000	500	150	36,5	288×240×435
35ЛК6Б	0,6	12	—100 ÷ +425	300	(60 ± 30)	25	15	1 000	500	150	36,5	288×260×375
40ЛК3Б	0,3	12	0—400	400	-50^{+30}_{-20}	27	14	700	500	150	28,6	338×289×345
43ЛК2Б	0,6	14	—100 ÷ +425	300	(60 ± 30)	25	15,5	750	500	125	36,5	412×316×510
43ЛК3Б-М	0,6	14	—100 ÷ +425	300	(60 ± 30)	25	16	1 000	500	150	36,5	312×360×514
43ЛК9Б-М	0,66	14	—100 ÷ +425	300	—30 ÷ 85	25	16	1 000	500	150	28,6	396×324×322
47ЛК2Б	0,3	16	0—400	400	—50 ÷ 110	32	20	1 100	550	300	28,6	362×442×302
53ЛК2Б	0,6	16	—100 ÷ +425	300	—30 ÷ 90	30	18	1 000	500	150	36,5	515×395×595
53ЛК5Б	0,6	16	—300 ÷ +750	300	—30 ÷ 90	30	18	—	500	100	36,5	510×412×380
53ЛК6Б	0,6	16	—100 ÷ +425	300	—55 ± 25	30	18	1 000	500	150	28,6	520×420×385
59ЛК2Б	0,3	16	0 ÷ 400	400	—30 ÷ 80	44	20	1 100	550	300	29,6	546×437×362
59ЛК3Ц	0,81	25	4 500—5 500	400	—100 ÷ 190	—	27,5	6 000	1 000	—	36,5	546×428×501
61ЛК1Б	0,3	16—20			—40 ÷ 77						29,6	496×422×362
65ЛК1Б	0,3	20	0—400	400	—40 ÷ 90	5	23	1 100	550	300	28,6	586×416×382

* Номинальное напряжение накала кинескопов 6ЛК1Б, 11ЛК1Б, 16ЛК1Б — 1,25 В, кинескопа 23ЛК9Б — 12 В и остальных — 6,3 В.

** Для кинескопов с прямоугольным экраном три числа выражают ширину, высоту и длину соответственно, для кинескопов с круглым экраном первое число диаметр, второе — длину.

от стекла баллона. При пайке не следует пользоваться кислотосодержащими флюсами; лучшим флюсом является спиртовой раствор канифоли.

10-2. КИНЕСКОПЫ

Параметры кинескопов

Условное обозначение кинескопа состоит из букв ЛК и цифр. Число в начале обозначения указывает диаметр или величину диагонали экрана кинескопа в сантиметрах, а буква в конце обозначения — назначение кинескопа (характер свечения его экрана): Б — кинескоп с белым свечением, Ц — кинескоп для приемника цветного телевидения (с трехцветной мозаикой).

В табл. 10-11 приняты следующие обозначения: $U_а$ — постоянное напряжение на аноде (на аквадаге), $U_у$, $U_ф$ — постоянные напряжения на ускоряющем и на фокусирующем электроде относительно катода, $U_{м.\,зап}$ — запирающее напряжение на модуляторе, $U_{мод}$ — модулирующее напряжение, $I_{л.\,макс}$ — максимально допустимый ток луча.

Цоколевка кинескопов

В табл. 10-12 приняты следующие условные обозначения выводов электродов кинескопов к штырькам: к — катод, м — модулятор, н — подогреватель, у — ускоряющий электрод электронного прожектора, ф — фокусирующий электрод; х — штырек отсутствует, «—» — свободный штырек.

Электродам электронных прожекторов цветного кинескопа присвоены дополнительные индексы: G — зеленый, B — синий, R — красный.

Эксплуатация кинескопов

При эксплуатации кинескопов нельзя превышать максимально допустимые значения питающих напряжений. Повышенное напряжение накала сокращает долговечность подогревателя и катода. При повышенном напряжении ускорящего электрода уменьшается рабочая поверхность катода, увеличивается удельная эмиссия, усиливается бомбардировка поверхности катода положительными ионами остаточных газов, сокращается срок службы катода (снижается долговечность кинескопа).

При значительном повышении напряжений на электродах возникает паразитная эмиссия с электродов, вызывающая паразитное свечение экрана; возможен пробой между электродами.

При перекале катода и при повышенном напряжении ускорящего электрода люминофор разрушается под действием бомбардировки его отрицательными ионами (быстрее появляется ионное пятно). Недопустимы даже кратковременные импульсы напряжений, превышающие максимально допустимые значения, так как это может привести к разрушению покрытия катода, подогревателя или вывода катода, а также ухудшению вакуума.

Таблица 10-12

Параметры экранов и цоколевка кинескопов

Тип кинескопа	Размер растра, мм	Разрешающая способность линий	Яркость *, кд/м² (при токе луча не более, мкА)	Угол отклонения луча, град.	Тип цоколя (рис. 10-2)	Порядок соединения электродов кинескопов со штырьками цоколей													
						1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
11ЛК1Б	67×84	—	—	55	РШ4	у	ф	к	м	н	н	м	х	х	х	х	х	х	х
16ЛК1Б	92×116	600	150	70	РШ4	у	ф	к	м	н	н	м	—	—	—	—	—	—	—
23ЛК9Б	135×180	600	150 (21)	90	РШ4	к	у	н	н	м	у	ф	х	х	х	х	х	х	х
35ЛК2Б	217×288	600	40 (12)	70	РШ5-1	н	м	х	ф	х	у	к	н	х	х	х	х	х	х
35ЛК6Б	217×288	600	100 (100)	70	РШ5-1	н	м	х	ф	х	у	к	н	х	х	х	х	х	х
43ЛК3Б	270×360	600	40 (100)	70	РШ9	н	м	х	х	х	ф	—	х	х	у	к	н	х	х
43ЛК9Б	300×375	600	100 (42)	110	РШ5-1	х	к	н	н	м	ф	у	х	х	х	х	х	х	х
47ЛК1Б 47ЛК2Б	305×384	600	100 (180)	110	РШ45	н	м	у	ф	—	м	к	н	х	х	х	х	х	х
53ЛК2Б	340×480	600	40 (18)	70	РШ9	н	м	х	х	х	ф	—	х	х	у	к	н	х	х
53ЛК6Б	382×484	600	40 (16)	110	РШ5-1	х	к	н	н	м	ф	у	х	х	х	х	х	х	х
59ЛК1Б 59ЛК2Б	385×470	600	120 (350)	110	РШ45	н	м	у	ф	х	м	к	н	х	х	х	х	х	х
61ЛК1Б	375×480	600	140 (350)	110	РШ45	н	м	у	ф	х	м	к	н	х	х	х	х	х	х
65ЛК1Б	416×530	600	200	110	РШ45	н	м	у	ф	х	м	к	п	х	х	х	х	х	х
59ЛК3Ц	380×480	600	60	90	РШ10	н	к (R)	м (R)	у (R)	у (G)	к (G)	м (G)	—	ф	—	к (B)	м (B)	у (B)	н

* В центре экрана.

При недокале кинескопа и большом катодном токе возможны местные перегревы участков катода, приводящие к потере эмиссии. При понижении напряжения ускоряющего электрода облегчается режим работы выходной лампы строчной развертки, но значительно снижается яркость экрана. Поэтому для обеспечения достаточной яркости приходится увеличивать ток луча, что резко сокращает срок службы кинескопа. Напряжение между катодом и подогревателем с полярностью минус на катоде не должно превышать 125 В, недопустима обратная полярность.

Нельзя подавать на модулятор трубки положительные по отношению к катоду напряжения, так как при этом увеличивается ток утечки и уменьшается электрическая прочность промежутка катод—подогреватель.

10-3. ИОННЫЕ ПРИБОРЫ

Стабилитроны

С т а б и л и т р о н ы т л е ю щ е г о р а з р я д а (табл. 10-13) применяют для стабилизации напряжения на нагрузке, в качестве элементов связи в УПТ, для повышения коэффициента усиления, в релаксационных генераторах, в реле времени и генераторах шумового напряжения.

С т а б и л и т р о н ы к о р о н н о г о р а з р я д а используют в устройствах стабилизации напряжения при малом потреблении тока, например для стабилизации питающих напряжений электроннолучевых трубок, фотоэлектронных умножителей и т. д.

Основными параметрами стабилитронов являются:

Напряжение возникновения разряда $U_{в.р}$ — минимальное напряжение между электродами, достаточное для начала электрического разряда в приборе. Оно несколько превышает напряжение стабилизации и определяет минимальное напряжение источника питания в схеме.

Напряжение стабилизации $U_{ст}$ — напряжение между анодом и катодом в диапазоне рабочих токов (величина напряжения, поддерживаемого стабилитроном).

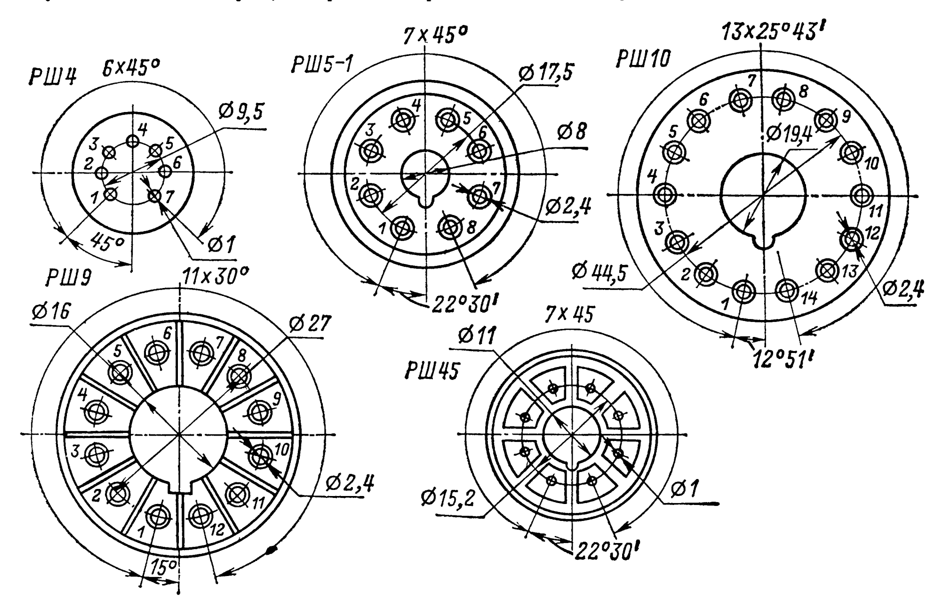


Рис. 10-2.

Изменение напряжения стабилизации при изменении тока в рабочем диапазоне $\Delta U_{ст}$ — разность между наибольшим и наименьшим напряжениями стабилизации при изменении тока через стабилитрон от $I_{ст. мин}$ до $I_{ст. макс}$. Чем меньше $\Delta U_{ст}$, тем больший коэффициент стабилизации можно получить.

Максимальное и минимальное значения тока стабилизации (тока через стабилитрон) $I_{ст. макс}$, $I_{ст. мин}$ — предельные значения тока, между которыми эффективность работы стабилитрона достаточна.

Эксплуатация стабилитронов. Для надежного возникновения разряда необходимо, чтобы напряжение источника питания составляло $(1,2 \div 1,3)\ U_{в. р}$.

На электроды стабилитрона нельзя подавать напряжение обратной полярности (на катод минус) или переменное напряжение. Ток через стабилитрон должен быть в пределах указанного в таблице рабочего диапазона токов, причем рабочую точку желательно выбирать в середине этого диапазона.

Не следует включать стабилитроны параллельно, так как из-за разброса их параметров разряд может возникать только у одного стабилитрона и его ток может превысить максимально допустимое значение.

Таблица 10-13.

Стабилитроны

Тип стабилитрона	$U_{в.р}$, В	$U_{ст}$, В	$I_{ст. мин}$, мА	$I_{ст. макс}$, мА	$\Delta U_{ст}$, В	Размеры не более, мм	
						D	h
Стабилитроны тлеющего разряда							
СГ1П	175	143—155	5	30	3,5	22,5	72
СГ2П	150	104—112	5	30	2,5	22,5	72
СГ13П	175	143—155	5	30	3,5	19	65
СГ15П-2	160	102—110	5	30	3	19	65
СГ16П	150	80—86	5	30	3	19	65
СГ17С	1 350	850—950	10	60	50 *	50	195
СГ18С	1 500	950—1 050	10	60	55	50	195
СГ19С	1 650	1 050—1 150	10	60	60 *	50	195
СГ201С	150	86—92	4	15	2,5	33	64
СГ203К	150	79—86	1	10	2	10	27
Стабилитроны коронного разряда							
СГ301С-1	430	380—400	0,003	0,1	14	13	67
СГ302С-1	970	880—920	0,003	0,1	30	13	67
СГ303С-1	1 320	1 220—1 280	0,01	0,1	30	13	67
СГ304С	—	3 800—4 200	0,05	1,0	240	25	129
СГ305К	—	9 500—10 500	0,05	1,5	700	33	181
СГ306К	—	24 000—26 000	0,05	1,5	1 500	49	251
СГ311С	430	385—415	0,05	1,0	20	33	100

* При изменении $I_{ст}$ в диапазоне 20—60 мА.

Не рекомендуется включать конденсатор емкостью более 0,1 мкФ между анодом и катодом стабилитрона тлеющего разряда, так как это может привести к релаксационным колебаниям.

Чтобы предотвратить переход коронного разряда в тлеющий, между анодом и катодом стабилитрона коронного разряда не следует включать конденсатор емкостью менее 0,1 мкФ.

Тиратроны тлеющего разряда

Тиратроны тлеющего разряда (ТТР) имеют ненакаленный катод, анод и одну или несколько сеток для управления разрядом. Они используются в устройствах автоматики и телемеханики, в счетно-решающих устройствах, измерительной и другой радиоэлектронной аппаратуре.

ТТР могут находиться в двух устойчивых состояниях: непроводящем и проводящем — и в двух переходных. В непроводящем состоянии (ТТР заперт) анодный ток отсутствует и существует разряд между катодом и сеткой подготовительного разряда (исключение составляют выпрямительный и электрометрический тиратроны, работающие без подготовительного разряда). В проводящем состоянии (ТТР отперт) через тиратрон протекает анодный ток.

По способу управления переходом от непроводящего состояния к проводящему ТТР разделяют на тиратроны с токовым и электростатическим управлением.

В ТТР с электростатическим управлением (ТХ3Б, ТХ6Г, ТХ8Г, ТХ9Г, ТХ12Г, ТХ13Г) для создания подготовительного разряда используется первая сетка. В ее цепи протекает ток, определяемый последовательно включенным резистором и облегчающий возникновение разряда в анодной цепи. На вторую сетку подаются положительное напряжение, недостаточное для возникновения разряда, и управляющий положительный импульс достаточной амплитуды и длительности для отпирания тиратрона.

Отпирание ТТР с токовым управлением производится изменением величины сеточного тока : отпирающий импульс подается на ту же сетку, которая служит для создания подготовительного разряда (тиратроны ТХ4Б в триодном включении, ТХ5Б, ТХ11Г, МТХ90). Эти тиратроны имеют высокую чувствительность к импульсным входным сигналам.

В табл. 10-14 приведены значения следующих параметров: $U_{в.р}$ — напряжение промежутка анод-катод, необходимое для возникновения тлеющего разряда; $\tau_{зап}$ — время с момента подачи напряжения в цепь подготовительного разряда до момента возникновения разряда в промежутке сетка—катод.

Проводящее состояние ТТР характеризуется падением напряжения между анодом и катодом при рабочем анодном токе $U_а$, падением напряжения между сеткой подготовительного разряда и катодом $U_{с.к}$, наибольшим значением анодного $I_{m\,а}$ и среднего анодного тока $I_{а.ср}$.

К статическим параметрам ТТР с токовым управлением относится ток управляющей сетки $I_{подг}$, при котором происходит возникновение разряда между анодом и катодом при заданной величине напряжения анода.

К динамическим параметрам относятся напряжение $U_{вх. мин}$ и длительность входного импульса $\tau_{упр}$, необходимые для возникновения самостоятельного разряда в промежутке анод — катод.

Таблица 10-14

Тиратроны тлеющего разряда

Тип тиратрона	$U_{в. р}$, В	$U_{а}$, В	$U_{с. к}$, В	$\tau_{зап}$, с	$U_{вх. мин}$, В	$\tau_{упр}$, мкс	$I_{подг}$, мкА	$\tau_{восст}$, мкс	$I_{am\ макс}$, мА	$I_{а. ср}$, мА	$U_{а. макс}$, В	$d_{макс}$, мм	$h_{макс}$, мм
ТХ2	425	125	—	—	—	—	—	—	100	12	—	19	51 *
ТХ3Б	175	110	85	—	40	10	50	20—150	7	3,5	190	10,2	40 *
ТХ4Б	180	120	90	1	10	10	10	10—100	7	3,5	225	10,2	40 *
ТХ5Б	175	150	140	—	6	10	15	100—150	1,5	0,25	270	7,2	25 *
ТХ6Г	285	140	130	10	120	10	50	80—100	2	1	300	13	50 *
ТХ7Г	285	140	130	10	120	20	65—85	40—160	2	2	300	13	40 *
ТХ8Г	285	140	130	10	100	10	100	50—100	2	1	300	13	40 *
ТХ9Г	285	140	120	10	100	35	100	60—150	400	8	300	13	40 *
ТХ11Г	200	125	—	—	35	—	—	—	10	—	230	13	60 *
ТХ12Г	250	160	150	10	75	10	—	—	100	10	300	13	50 *
ТХ13Г	180	120	105	1	50	3	50	< 5	5	1	220	13	40 *
МТХ90	150	8—65	85	—	25	10	3	< 800	4	2	200	12	42
ТХИ2С **	300	140	—	—	—	—	—	—	50 000	50	—	33	72
ТХИ1Г **	205	—	—	—	120	100	—	—	60 000	—	275	13	45 *

* Без выводов Длина выводов 35—40 мм.
** Даны импульсные характеристики.

Таблица 10-15

Выпрямительные диоды (рис. 10-3) и блоки (рис. 10-4) малой мощности

Тип диода	$U_{обр\ m\ макс}$, В	$I_{в. макс}$, А	Тип диода	$U_{обр\ m\ макс}$, В	$I_{в. макс}$, А
Германиевые сплавные диоды					
Д7А	35 (50)	0,3	Д7Д	190 (300)	0,3
Д7Б	60 (100)	0,3	Д7Е	220 (350)	0,3
Д7В	90 (150)	0,3	Д7Ж	250 (400)	0,3
Д7Г	125 (200)	0,3			
Кремниевые сплавные диоды					
КД103А	50	0,1	Д226Б	400	0,3
КД103Б	50	0,1	Д226В	300	0,3
Д206	100	0,1	Д226Г	200	0,3
Д207	200	0,1	Д226Д	100	0,3
Д208	300	0,1	КД105А	200	0,3
Д209	400	0,1	КД105Б	400	0,3
Д210	500	0,1	КД105В	600	0,3
Д211	600	0,1	МД217, Д217	800	0,1
КД102	250	0,1	МД218, Д218	1 000	0,1
Блоки из кремниевых сплавных диодов (параметры для каждого плеча)					
КЦ401Б	500	0,25	КЦ401В	400	0,25

Примечания: 1. Указанные в таблице значения $U_{обр\ m\ макс}$ и $I_{в. макс}$ допустимы для диодов Д206—Д211 при $t_с \leqslant 120$ °С, для диодов КД102, КД105А — КД105В — при $t_с \leqslant 85$ °С, для диодов остальных типов и для блоков при $t_с \leqslant 50$ °С (в скобках указаны величины, допустимые для германиевых диодов при $t_с \leqslant 25$ °С).

2. При указанных значениях $U_{обр\ m\ макс}$ и $t_с \leqslant 25$ °С диоды имеют следующие обратные токи: $I_{обр. ср.} \leqslant 35$ мкА для диодов Д217, Д218, МД217, МД218; $I_{обр. ср.} \leqslant 50$ мкА для диодов Д206 — Д211; не более 100 мкА для диодов остальных типов и блоков. Диоды КД105А—КД105В при $t_с \leqslant 85$ °С и $U_{обр} = 1{,}5 U_{обр\ m\ макс}$ имеют $I_{обр. ср.}$ не более 300 мкА.

3. При $I_{в. макс}$ среднее прямое напряжение у германиевых диодов не более 0,5 В, у кремниевых не более 1,2 В и у блоков не более 2,5 В на плечо.

Время восстановления электрической прочности $\tau_{восст}$ — минимальное время после прекращения тока анода, по истечении которого к тиратрону можно приложить анодное напряжение, не вызывающее возникновения разряда при отсутствии входных сигналов.

Эксплуатация ТТР. Рекомендуется следующий порядок подачи питающих напряжений: сначала следует подать напряжения на управляющие сетки, затем на сетку подготовительного разряда, а после этого анодное напряжение. Гашение разряда в ТТР можно осуществить, снижая рабочее напряжение между его анодом и катодом ниже напряжения $U_а$. Во избежание случайных зажиганий ТТР нельзя даже кратковременно отключать источник напряжения смещения от управляющей сетки и понижать это напряжение смещения ниже величины U, указанной в табл. 10-14.

Если ТТР с электростатическим управлением управляется импульсами через RC-цепочку, емкость ее конденсатора должна быть настолько большой, чтобы амплитуда и длительность сигнала на выходе цепочки были достаточными для зажигания тиратрона и при этом длительность импульса должна быть настолько малой, чтобы к моменту окончания действия гасящего импульса напряжение на сетке ТТР успело восстановиться до величины, близкой к напряжению смещения.

Чтобы в процессе гашения в промежутке сетка—катод не возникли импульсы тока, способные привести к ложному зажиганию тиратрона, следует уменьшать емкость конденсатора в сеточной цепи либо включать последовательно с конденсатором резистор.

Во избежание релаксационных колебаний, наводок и помех следует уменьшать емкости и индуктивности монтажа. В частности, ограничительный резистор в цепи сетки подготовительного разряда следует подключать непосредственно к выводу сетки.

производить в течение нескольких десятков секунд их тренировку в рабочем режиме.

Характерными признаками неисправности ТТР являются: молочно-белый цвет газопоглотителя на стенках баллона и отсутствие свечения катода тиратрона при включенном напряжении подготовительного разряда.

Пайка выводов ТТР должна производиться на расстоянии не менее 5 мм от места соединения вывода с ножкой.

10-4. ПОЛУПРОВОДНИКОВЫЕ ДИОДЫ

Параметры выпрямительных диодов, блоков и столбов

Основные параметры выпрямительных диодов измеряются, как правило, в схеме однополупериодного выпрямителя, работаю-

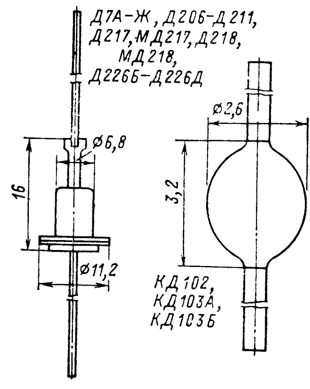
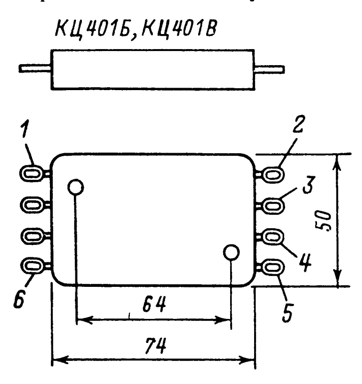
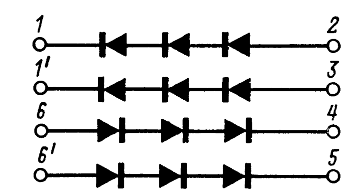


Рис. 10-3.

щего на активную нагрузку без сглаживающего пульсации конденсатора.

Максимально допустимый средний выпрямленный ток $I_{в.макс}$ — средний за период





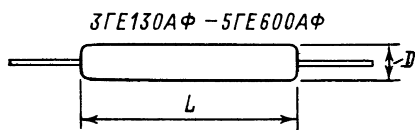


Рис. 10-4.

При кратковременном включении аппаратуры не рекомендуется снимать подготовительный разряд и отключать напряжения смещений управляющих сеток и цепи подготовительного разряда. С целью повышения надежности работы тиратронов после длительного перерыва в работе рекомендуется

ток через диод (постоянная составляющая), при котором обеспечивается гарантированная надежность при длительной работе диода. Превышение $I_{в.макс}$ ведет к резкому сокращению срока службы диода или к немедленному повреждению (пробою) его. При наличии конденсатора на входе сглаживающего

Таблица 10-16

Выпрямительные диоды средней мощности (рис. 10-5)

Тип диода	$U^*_{обр\,m\,макс}$, В	$I_{в.\,макс}$, А	$U_{пр.\,ср}$ (при $I_{в.\,макс}$), В
Кремниевые сплавные диоды			
Д202	100	0,4	1,0
Д203	200	0,4	1,0
Д204	300	0,4	1,0
Д205	400	0,4	1,0
Д229В	100	0,4	1,0
Д229Г	200	0,4	1,0
Д229Д	300	0,4	1,0
Д229Е	400	0,4	1,0
Д242	100	10	1,25
Д242А	100	10	1,0
Д242Б	100	5	1,5
Д243	200	10	1,25
Д243А	200	10	1,0
Д243Б	200	5	1,5
Д244	50	10	1,25
Д244А	50	10	1,0
Д244Б	50	5	1,5
Д245	300	10	1,25
Д245А	300	10	1,0
Д245Б	300	5	1,5
Д246	400	10	1,25
Д246А	400	10	1,0
Д246Б	400	5	1,5
Д247	500	10	1,25
Д247В	500	5	1,5
Д248Б	600	5	1,5
КД202А	50	3	1,0
КД202Б	50	1	1,0
КД202В	100	3	1,0
КД202Г	100	1	1,0
КД202Д	200	3	1,0
КД202Е	200	1	1,0
КД202Ж	300	3	1,0
КД202Н	300	1	1,0
КД202К	400	3	1,0
КД202Л	400	1	1,0
КД202М	500	3	1,0
КД202Н	500	1	1,0
КД202Р	600	3	1,0
КД202С	600	1	1,0
КД203А	600	10	1,0
КД203Б	800	10	1,0
КД203В	800	10	1,0
КД203Г	1 000	10	1,0
КД203Д	1 000	10	1,0
КД205А	500	0,5	1,0
КД205Б	400	0,5	1,0
КД205В	300	0,5	1,0
КД205Г	200	0,5	1,0
КД205Д	100	0,5	1,0
КД205Е	500	0,3	1,5
Германиевые сплавные диоды **			
Д302	50 (200)	0,8 (1)	0,30
Д302А	50 (200)	0,8 (1)	0,30
Д303	50 (150)	1,5 (3)	0,35
Д303А	50 (150)	1,5 (3)	0,35
Д304	50 (100)	1,8 (5)	0,30
Д305	50 (50)	3,0 (10)	0,35

* При $U_{обр.\,макс}$ величины $I_{обр.\,ср}$ не более: 0,3 мА для Д229В — Д229Е; 0,5 мА для Д202—Д205; 0,8 мА для Д302; 1,0 мА для КД202А — КД202С; 1,2 мА для Д302А и Д303А; 2,0 мА для Д304; КД203А — КД203Д — 1,5 мА; 3,0 мА для Д242 — Д248Б; 0,2 мА для КД205А — КД205Е.

** Без скобок указаны допустимые значения напряжения и тока при $t_c \leqslant 70$ °С, в скобках при 20 °С.

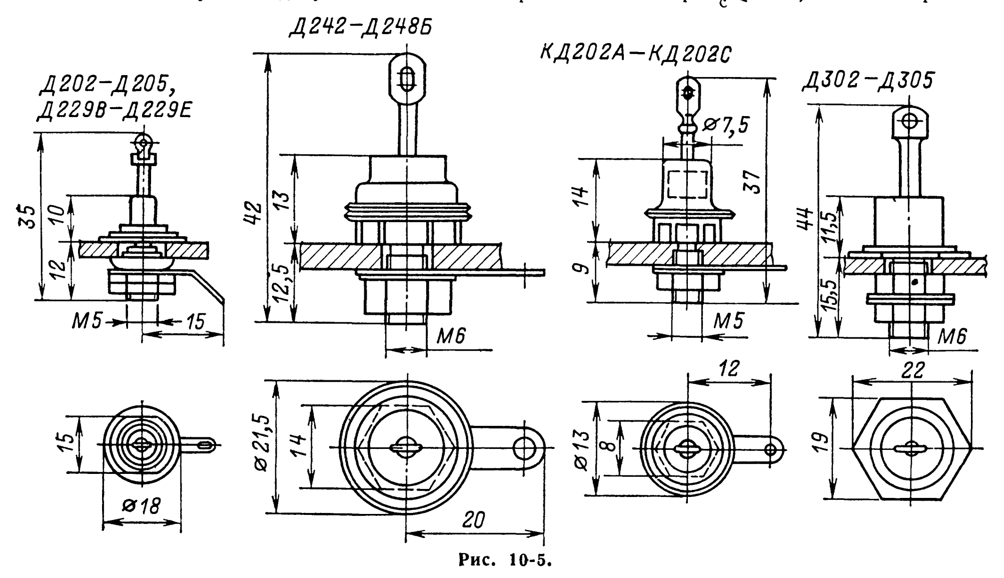


Рис. 10-5.

Таблица 10-17

Минимально необходимые площади радиаторов S для диодов средней мощности

Тип диода	$I_в$ не более, А	$t_с$, °С	S, см²	Тип диода	$I_в$ не более, А	$t_с$, °С	S, см²
			Германиевые диоды				
Д302	1,0	50	50	Д304	5,0	50	90
Д303	2,5	50	50	Д305	6,5	50	300
			Кремниевые диоды				
Д202 — Д205	0,4	85	40	КД202Б, КД202Г	1,0	70	0
КД202А, КД202В	1,0	85	0	КД202Е, КД202И	2,0	60	25
КД202Д, КД202Ж	2,0	60	10	КД202Л, КД202Н	2,0	85	50
КД202К, КД202М	2,0	85	15		2,0	100	150
КД202Р	2,0	100	25		3,0	60	120
	3,0	60	25	Д242 — Д248Б	2,0	100	60
	3,0	85	60		10,0	100	200
	3,0	100	140				

Примечание. Толщина алюминиевого черненого радиатора для диодов Д202 — Д205 не менее 1 мм, для диодов остальных типов — не менее 3 мм.

фильтра допустимое значение выпрямленного тока снижается по сравнению с максимальным. В этом случае через диод проходят значительные импульсы тока, заряжающего конденсатор, особенно в момент включения выпрямителя в сеть переменного тока.

Максимально допустимое обратное напряжение $U_{обр\,m\,макс}$ — наибольшее импульсное обратное напряжение, при котором диод может длительно и надежно работать.

При повышении температуры величины $U_{обр\,m\,макс}$ и $I_{в.\,макс}$ снижаются.

Среднее прямое напряжение $U_{пр.\,ср}$ — среднее за период прямое напряжение на диоде (постоянная составляющая) при протекании через него максимально допустимого выпрямленного тока.

Таблица 10-18

Высоковольтные выпрямительные селеновые столбы

Тип столба *	$U_{обр.\,макс}$, кВ	$I_{в.\,макс}$, мА	Длина столба, мм (рис. 10-5)
3ГЕ130АФ	3,0	0,06	
3ГЕ220АФ	5,0	0,06	135
5ГЕ40АФ	1,0	1,2	100
5ГЕ60АФ	1,5	1,2	106
5ГЕ80АФ	2,0	1,2	112
5ГЕ100АФ	2,5	1,2	120
5ГЕ140АФ	3,5	1,2	130
5ГЕ200АФ	5,0	1,2	150
5ГЕ600АФ	15,0	1,2	180

* Столбы, обозначение которых начинается с цифры 3, имеют ⌀ 4 мм, а с цифры 5 — ⌀ 6 мм (5ГЕ600АФ имеет ⌀ 9 мм).

Средний обратный ток $I_{обр.\,ср}$ — средний за период обратный ток; измеряется в специальной схеме при обратном напряжении $U_{обр\,m\,макс}$. При повышении температуры на каждые 10 °С величина $I_{обр.\,ср}$ у германиевых диодов увеличивается в 1,5—2 раза, а у кремниевых — до 2,5 раза.

Основные параметры выпрямительных диодов, блоков и столбов приведены в табл. 10-15, 10-16, 10-18. В табл. 10-17 даны размеры радиаторов для диодов средней мощности.

Свойства выпрямительных блоков и столбов определяются такими же параметрами, как и отдельного диода. Для блока, содержащего несколько плеч, регламентируются параметры $I_{в.\,макс}$, $U_{обр\,m\,макс}$, $U_{пр.\,ср}$, $I_{обр.\,ср}$ для каждого плеча.

Параметры высокочастотных (универсальных) и импульсных диодов

Максимально допустимые обратные напряжения $U_{обр.\,макс}$, $U_{обр\,m\,макс}$ — постоянное и импульсное обратные напряжения, превышение которых резко сокращает долговечность диода или приводит к немедленному повреждению его. При повышении температуры величина обратного напряжения, как правило, снижается.

Постоянное прямое напряжение $U_{пр}$ — падение напряжения на диоде при протекании через него постоянного прямого тока величиной $I_{пр}$, заданной ГОСТ или ТУ (см. табл. 10-19).

Импульсное прямое напряжение $U_{пр.\,имп}$ — максимальное падение напряжения на диоде при заданной величине импульса прямого тока. Для большинства импульсных диодов $U_{пр.\,имп}$ измеряется при импульсном токе 50 мА.

Постоянный обратный ток $I_{обр}$ — ток через диод при постоянном обратном напряжении на нем. Величина $I_{обр}$ измеряется, как правило, при максимальном обратном напря-

жении $U_{обр.\ макс}$. Ток $I_{обр}$ является одним из важнейших показателей качества диода. Чем меньше обратный ток, тем лучше диод. Для каждого типа диода установлено наибольшее значение обратного тока, при превышении которого диод считается некондиционным.

Измеряется выпрямленный ток в схеме однополупериодного выпрямителя с емкостной нагрузкой.

Время установления прямого напряжения $\tau_{уст}$ — интервал времени от начала импульса прямого тока до момента, когда напряжение

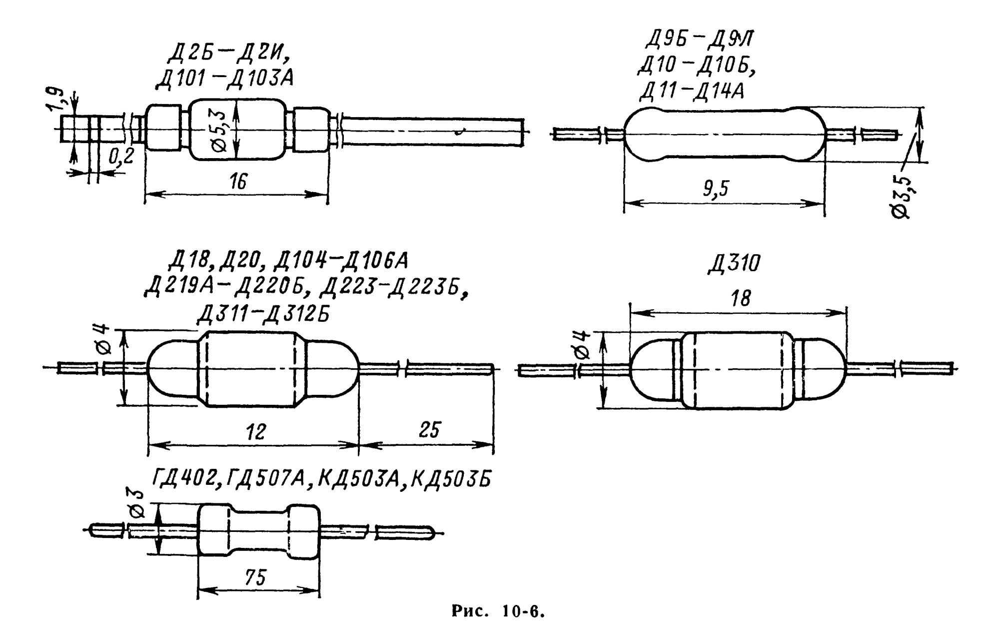


Рис. 10-6.

Емкость диода $C_д$ — емкость между выводами диода при заданном обратном напряжении (для отдельных типов диодов при нулевом напряжении). При обратном напряжении 5—10 В точечные диоды имеют $C_д <$ $<$ 1 пФ, меза-диоды — около 3 пФ, а микро-

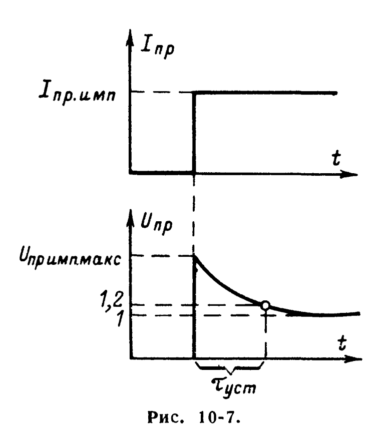


Рис. 10-7.

сплавные — 10—20 пФ. При увеличении обратного напряжения емкость диодов уменьшается.

Диапазон рабочих частот — диапазон, на любой частоте которого выпрямленный диодом ток не должен быть меньше заданной величины по сравнению с величиной выпрямленного тока на низшей частоте диапазона.

на диоде упадет до 1,2 установившейся величины прямого напряжения (рис. 10-7).

Время восстановления обратного сопротивления $\tau_{восст}$. Если на диод, через который протекал прямой ток, подать запирающее напряжение, то диод запирается не мгновенно; возникает импульс обратного тока, превышающий его установившуюся величину (рис. 10-8). Интервал времени от момента, когда ток через диод равен нулю, до момента, когда обратный ток уменьшается до заданного уровня отсчета $I_{от}$, называется временем восстановления обратного сопротивления диода.

Основные параметры высокочастотных и импульсных диодов и их маркировка представлены в табл. 10-19—10-21.

Параметры варикапов

Варикап — это кремниевый диод, используемый в качестве конденсатора переменной емкости; изменение емкости осуществляется изменением величины постоянного обратного напряжения, подаваемого на варикап (рис. 10-9).

Отрицательный полюс управляющего напряжения должен быть включен на вывод варикапа, обозначенный знаком «+».

Варикапы характеризуются максимально допустимым обратным напряжением $U_{обр.\ макс}$, постоянным обратным током $I_{обр}$, который измеряют при напряжении $U_{обр.макс}$, а также специфическими для варикапов параметрами (табл. 10-22).

Таблица 10-19

Высокочастотные (универсальные) диоды (рис. 10-8)

Тип диода	$U_{обр\,m\,макс}$, В	$U_{обр.\,макс}$, В	$I^{*}_{в.\,макс}$, мА	$I^{**}_{пр}$, мА	$I_{обр}$ не более***, мкА
Германиевые точечные					
Д2Б	30	10	16	5	100
Д2В	40	30	25	9	250
Д2Г	75	50	16	2	250
Д2Д	75	50	16	4,5	250
Д2Е	100	100	16	4,5	250
Д2Ж	150	150	8	2	250
Д2И	100	100	16	2	250
Д9Б	—	10	40	90	250
Д9В	—	30	20	10	250
Д9Г	—	30	30	30	250
Д9Д	—	30	30	60	250
Д9Е	—	50	20	30	250
Д9Ж	—	100	15	10	250
Д9И	—	30	30	30	120
Д9К	—	30	30	60	60
Д9Л	—	100	15	30	250
Д10	10	—	3	—	100
Д10А	10	—	5	—	200
Д10Б	10	—	8	—	200
Д11	—	30	20	100	250
Д12	—	50	20	50	250
Д12А	—	50	20	100	250
Д13	—	75	20	100	250
Д14	—	100	20	30	250
Д14А	—	100	20	100.	250

Тип диода	$U_{обр\,m\,макс}$, В	$U_{обр.\,макс}$, В	$I^{*}_{в.\,макс}$, мА	$I^{**}_{пр}$, мА	$I_{обр}$ не более***, мкА
Германиевые меза					
ГД402А	—	15	25	—	100
ГД402Б	—	15	50	—	100
ГД403А	—	5	—	5	—
ГД403Б	—	5	—	5	—
ГД403В	—	5	—	5	—
Кремниевые точечные					
Д101	—	75	30	2	10
Д101А	—	75	30	1	10
Д102	—	50	30	2	10
Д102А	—	50	30	1	10
Д103	—	30	30	2	30
Д103А	—	30	30	1	30
Д104	100	75	30	2	10
Д104А	100	75	30	1	10
Д105	75	50	30	2	10
Д105А	75	50	30	1	10
Д106	30	30	30	2	30
Д106А	30	30	30	1	30
Кремниевые микросплавные					
Д223	—	50	50	50	1
Д223А	—	100	50	50	1
Д233Б	—	150	50	50	1

* Для диодов Д2Б — Д2Ж и Д9Б — Д9Л $I_{пр.\,имп} \leqslant 3{,}1 I_{в.\,макс}$.

** Указаны величины прямого тока, при которых $U_{пр} \leqslant 1$ В (для диодов Д101 — Д106 $U_{пр} \leqslant 2$ В, а для диодов ГД403А — ГД403В $U_{пр} \leqslant 0{,}5$В).

*** Указаны величины обратного тока при $U_{обр.\,макс}$ (для диодов типов ГД402А, ГД403Б и Д2Б — Д2Ж при $U_{обр} = 10$ В).

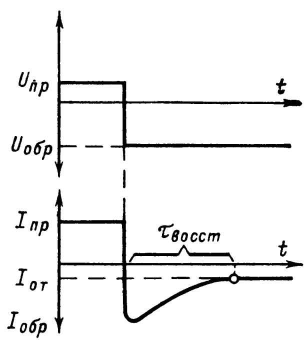


Рис. 10-8.

Таблица 10-20

Импульсные диоды (рис. 10-8)

Тип Диода	$U_{обр\,m\,макс}$, В	$I^{*}_{обр}$ не более, мкА	$I_{в.\,макс}$ ($I_{пр.\,макс}$), мА	$I^{**}_{пр.\,имп.\,макс}$, мА	$U_{пр}$ не более, В (при $I_{пр}$, мА)	$U_{пр.\,имп}$ не более, В (при $I_{пр.\,имп}$ = 50 мА)	$C^{***}_{д}$ не более, пФ	$\tau_{восст}$ не более, мкс (при $I_{пр}$, мА; $U_{пр}$, В)
				Германиевые точечные				
Д18	20	50	16	50	1 (20)	5	0,5	0,1 (50; 10)
Д20	20	100	16	—	1 (20)	—	0,5	—
				Кремниевые микросплавные				
Д219А	70	1	50	500	1 (50)	2,5	15	0,5 (30; 30)
Д220	50	1	50	500	1,5 (50)	3,75	15	0,5 (30; 30)
Д220А	70	1	50	500	1,5 (50)	3,75	15	0,5 (30; 30)
Д220Б	100	1	50	500	1,5 (50)	3,75	15	0,5 (30; 30)
				Германиевый диффузионный				
Д310	20	20	(250)	—	0,55 (500)	—	15	0,3 (500; 20)
				Германиевые меза-диоды				
Д311	30	100	(40)	500	0,4 (10)	1,25	1,5	0,05 (50; 10)
Д311А	30	100	(80)	600	0,4 (10)	1,0	3,0	0,05 (50; 10)
Д311Б	30	100	(20)	250	0,5 (10)	1,5	2,0	0,05 (50; 10)
Д312	100	100	(50)	500	0,5 (10)	1,25	3,0	0,5 (50; 10)
Д312А	75	100	(50)	500	0,5 (10)	1,25	3,0	0,5 (50; 10)
Д312Б	100	100	(50)	500	0,5 (10)	1,0	3,0	0,7 (50; 10)
ГД507А	20 ****	50	(16)	100	0,5 (5)	4,0	0,8	0,1 (20; 10)
				Кремниевые меза-диоды				
КД103А	50	1	100	1	1 (50)	5,0	20	4 (50; 20)
КД103Б	50	1	100	1	1,2 (50)	5,0	20	4 (50; 20)
КД503А	30	10	(20)	200	1,0 (10)	2,5	5,0	0,01 (10; 10)
КД503Б	30	10	(20)	200	1,2 (10)	3,5	2,5	0,01 (10; 10)

* Измеряется при $U_{обр\,m}$ = 10 В для диода Д20, при $U_{обр\,m}$ = 30 В для Д312А и для диодов остальных типов, упомянутых в таблице, при $U_{обр\,m\,макс}$.

** При длительности импульса не более 10 мкс.

*** Емкость $C_{д}$ измеряется при следующих значениях $U_{обр}$: для Д18 и Д20 — 3 В, для Д310 — 30 В, для диодов остальных типов — 5 В.

**** При длительности импульса менее 5 мкс $U_{обр\,m\,макс}$ = 30 В.

Таблица 10-21

Цветная маркировка диодов

Тип диода	Точки в средней части корпуса		Тип диода	Точки в средней части корпуса	
	Цвет	Количество		Цвет	Количество
Д9Б	Красная	1	Д9Л	Зеленые	2
Д9В	Оранжевая	1	Д18	**	—
Д9Г	Желтая	1	Д20	***	—
Д9Д	Белая	1	Д219А	Красная	1
Д9Е	Голубая	1	Д220	Синяя	1
Д9Ж	Зеленая	1 1	Д220А	Черная	1
			Д220Б	Зеленая	1
Д9И	Желтые	2	Д223	Красные *	4
Д9К	Белые	2	Д223А	Красные *	2
			Д223Б	Красные *	3

* У вывода катода черная метка.
** У вывода катода желтая метка.
*** У вывода катода зеленая метка.

Таблица 10-22

Варикапы (рис. 10-10)

Тип варикапа	$C^*_{ном}$, пФ	$U_{обр. макс}$, В	Q ** не менее	$I^{***}_{обр}$ не более, мкА	Тип варикапа	$C^*_{ном}$, пФ	$U_{обр. макс}$, В	Q ** не менее	$I^{***}_{обр}$ не более, мкА
КВ102А	14—23	45	40	1	КВ104Д	128—192	80	100	5
КВ102Б	19—30	45	40	1	КВ105А	400—600	90	500	50
КВ102В	25—40	45	40	1	КВ105Б	400—600	50	500	50
КВ102Г	19—30	45	100	1	Д901А	22—32	80	25	1
КВ102Д	19—30	80	40	1	Д901Б	22—32	45	30	1
КВ104А	90—120	45	100	5	Д901В	28—38	80	25	1
КВ104Б	106—144	45	100	5	Д901Г	28—38	45	30	1
КВ104В	128—192	45	100	5	Д901Д	34—44	80	25	1
КВ104Г	95—143	80	100	5	Д901Е	34—44	45	30	1
					Д902	6—12	25	30	10

* При $U_{обр} = 4$ В, $t_с = 25$ °С, в диапазоне температур 0—85 °С у варикапов КВ104А — КВ104Д ТКЕ = 270 · 10⁻⁶ 1/°С и у варикапов Д901А — Д901Е ТКЕ = 500 · 10⁻⁶ 1/°С.
** Измеряется при $U_{обр} = 4$ В на частотах: для КВ102А — КВ102Д, Д901А — Д901Е и Д902 $f = 50$ МГц; для КВ104А — КВ104Д $f = 10$ МГц; для КВ105А, Б $f = 1$ МГц
*** При $t_с = 15 \div 35$ °С

Номинальная емкость $C_{ном}$ — емкость при напряжении смещения 4 В.

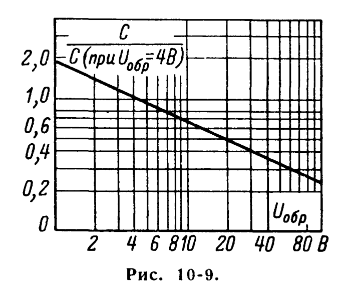


Рис. 10-9.

Коэффициент перекрытия по емкости — отношение номинальной емкости варикапа к его емкости при $U_{обр. макс}$; для варикапов различных типов этот коэффициент составляет 2,5—4.

Добротность варикапа Q как конденсатора равна отношению его емкостного сопротивления к эквивалентному последовательному сопротивлению потерь. При увеличении температуры добротность снижается.

Параметры туннельных и обращенных диодов

Туннельные диоды характеризуются наличием на их вольт-амперных характеристиках (рис 10-11) участка с отрицательным дифференциальным сопротивлением, которое сохраняется вплоть до частот сотен и тысяч мегагерц. Наличие такого участка позволяет использовать туннельные

диоды в усилителях, генераторах синусоидальных и релаксационных колебаний и переключающих схемах.

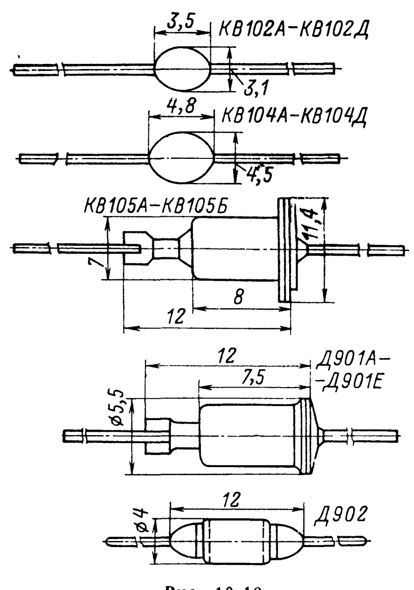


Рис. 10-10.

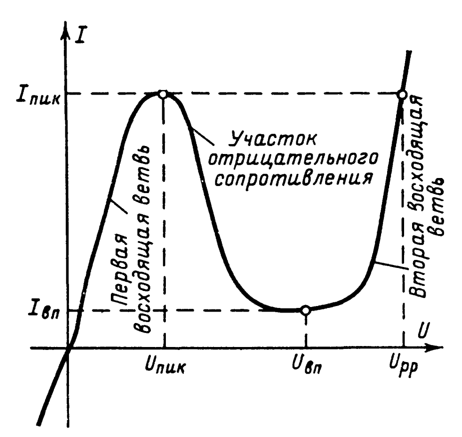


Рис. 10-11.

Параметрами туннельных диодов являются: $I_{пик}$, $U_{пик}$, $I_{вп}$, $U_{вп}$, $U_{рр}$ (рис. 10-11), а также емкость $C_д$ и дифференциальное отрицательное сопротивление $r_д$; для последнего параметра регламентируется минимальное значение, он сильно зависит от приложенного к диоду напряжения (табл. 10-23).

Обращенные диоды — их работа основана на таком же принципе, как и туннельных диодов; их вольт-амперная характеристика имеет аналогичную форму (рис. 10-13), однако пиковый ток имеет малую величину (обычно не более 100 мкА). При малых обратных напряжениях проводимость диода много больше, чем в прямом направлении. Поэтому они и получили название обращенных, так как в качестве проводящей в них используется обратная ветвь вольт-амперной характеристики.

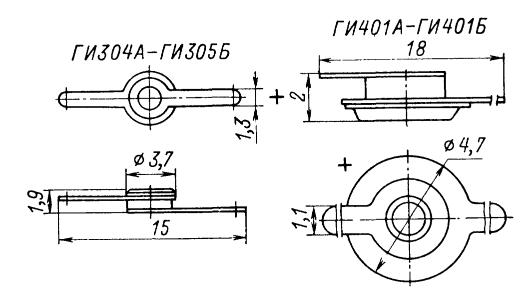


Рис. 10-12.

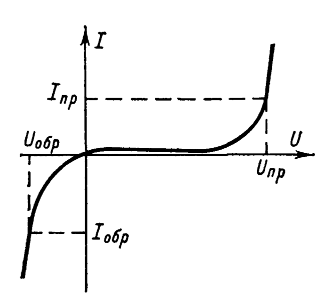


Рис. 10-13.

Основными параметрами обращенных диодов являются прямое и обратное напряжения при заданных значениях тока и емкость диода (табл. 10-24)

Таблица 10-23

Туннельные диоды (рис. 10-12)

Тип диода	$I_{пик}$, мА	$U_{пик}$, мВ	$U_{рр}$, мВ	$I_{пик}/I_{вп}$	$I_{пр.макс}$, мА	$C_д$ не более, пФ
ГИ304А	4,5—5,1	75	440	5	10	20
ГИ304Б	4,9—5,5	75	440	5	10	20
ГИ305А	9,1—10	85	450	5	20	30
ГИ305Б	9,8—11	85	450	5	20	30

Таблица 10-24

Обращенные диоды

Тип диода	$U_{пр}$ не менее, мВ (при $I_{пр}$=0,1 мА)	$U_{обр}$, мВ (при $I_{обр}$=1 мА)	$I_{пр.\ макс}$, мА	$I_{обр.\ макс}$, мА	$C_д$ не более, пФ
ГИ401А	330	90	0,3	4	2,5
ГИ401Б	330	90	0,5	5,6	5,0

Параметры стабилитронов и стабисторов

Стабилитрон представляет собой кремниевый диод, рабочая точка которого находится на участке пробоя обратной ветви вольт-амперной характеристики. Напряжение на стабилитрон необходимо подавать с полярностью, обратной обозначенной на его корпусе.

Стабилитроны средней и большой мощности, имеющие в обозначении букву П (например, Д815АП), предназначены для применения в устройствах, где с монтажным металлическим шасси должен соединяться отрицательный полюс стабилизированного напряжения. Стабилитроны с такими же параметрами без дополнительной буквы в обозначении (например, Д815А) предназначаются для устройств, где «заземляется» положительный полюс напряжения.

Работа стабистора основана на том, что при значительном изменении величины п р я м о г о тока падение напряжения на диоде изменяется незначительно (рис. 10-14).

Основные параметры стабилитронов и стабисторов представлены в табл. 10-25 и 10-26.

Напряжение стабилизации $U_{ст}$ — напряжение между выводами стабилитрона (стабистора) в рабочем режиме.

Таблица 10-25

Стабисторы и стабилитроны малой мощности (рис. 10-14)

Тип стабилитрона	$U_{ст}$, В	$I^*_{ст.\ макс}$, мА	$r_д$ не более, Ом	Тип стабилитрона	$U_{ст}$, В	$I^*_{ст.\ макс}$, мА	$r_д$ не более, Ом
			*Селеновые стабисторы***				
7ГЕ1А-С	0,65—0,79	10	50	7ГЕ2А-С	1,3—1,6	10	100
			*Кремниевые стабилитроны****				
КС133А	3—3,7	81	65	КС213Б	12,1—13,9	10	25
КС139А	3,5—4,3	70	60	Д808	7—8,5	33	6
КС147А	4,1—5,2	58	56	Д809	8—9,5	29	10
КС156А	5—6,3	55	46—28****	Д810	9—10,5	26	12
КС162А	5,8—6,6	22	33	Д811	10—12	23	15
КС168А	6,2—7,5	45	28—10****	Д813	11,5—14	20	18
КС196А—КС196Г	9,6	20	18	Д814А	7—8,5	40	6
КС175А	7—8	18	16	Д814Б	8—9,5	36	10
КС182А	7,6—8,8	17	14	Д814В	9—10,5	32	12
КС191А	8,5—9,7	15	18	Д814Г	10—12	29	15
КС210Б	9,3—10,7	14	35	Д814Д	11,5—14	24	18
КС211Б	11—13,3	33	15	Д818А	9—11,25	33	25
КС211В	8,9—11	33	15	Д818Б	6,75—9	33	25
КС211Г	9,35—12,65	33	15	Д818В	7,2—10,8	33	25
КС211Д	9,35—12,65	33	15	Д818Г	7,65—10,35	33	25

* Для стабисторов 7ГЕ1А-С и 7ГЕ2А-С указанные значения $I_{ст.\ макс}$ допустимы при $t_с \leqslant 25$ °С и для стабилитронов при $t_с \leqslant 50$ °С.

** Для стабисторов $I_{ст.\ мин} \geqslant 0,5$ мА; $r_д$ соответствует $I_{ст}=1$ мА.

*** Для стабилитронов КС133А—КС196Г; КС211Б—КС211Д значения $U_{ст}$ и $r_д$ соответствуют $I_{ст}=10$ мА и для остальных кремниевых стабилитронов малой мощности $I_{ст}=5$ мА. Для всех кремниевых стабилитронов $I_{ст.\ мин}=3$ мА

**** Большие значения $r_д$ соответствуют меньшим значениям $U_{ст}$.

Таблица 10-26

Кремниевые стабилитроны средней и большой мощности (рис. 10-14)

Тип стабилитрона	$U^*_{ст}$, В (при $I_{ст}$, мА)	$I^{**}_{ст\ макс}$, мА	$I_{ст.\ мин}$, мА	$r^{***}_{д}$ не более, Ом
Д815И; Д815ИП	4,7 (1000)	1400	50	0,9
Д815А; Д815АП	5,6 (1000)	1400	50	0,9
Д815Б; Д815БП	6,8 (1000)	1150	50	1,2
Д815В; Д815ВП	8,2 (1000)	950	50	1,5
Д815Г; Д815ГП	10 (500)	800	25	2,7
Д815Д; Д815ДП	12 (500)	650	25	3,0
Д815Е; Д815ЕП	15 (500)	550	25	3,8
Д815Ж; Д815ЖП	18 (500)	450	25	4,5
Д816А, Д816АП	22 (150)	230	10	10
Д816Б; Д816БП	27 (150)	180	10	12
Д816В; Д816ВП	33 (150)	150	10	15
Д816Г; Д816ГП	39 (150)	130	10	18
Д816Д; Д816ДП	47 (150)	110	10	22
Д817А; Д817АП	56 (50)	90	5	52
Д817Б; Д817БП	68 (50)	75	5	60
Д817В; Д817ВП	82 (50)	60	5	67
Д817Г; Д817ГП	100 (50)	50	5	75
КС620А; КС620АП	120 (50)	42	5	150
КС630А; КС630АП	130 (50)	38	5	180
КС650А, КС650АП	150 (25)	33	2,5	255
КС680А; КС680АП	180 (25)	28	2,5	330

* Фактическое значение $U_{ст}$ может отличаться от указанного в таблице номинального значения не более чем на ± 10%.

** Указанные значения $I_{ст.\ макс}$ допустимы при температуре корпуса стабилитрона до 70 °С, что обеспечивается путем монтажа его на теплоотводящем алюминиевом радиаторе площадью 50—100 см²

*** Для стабилитронов Д816А—Д816Д, Д816АП—Д816ДП, Д817А—Д817Г, Д817АП—Д817ГП при $I_{ст}$ = 150 мА; для стабилитронов остальных типов при $I_{ст}$ = 50 мА.

Ток стабилизации $I_{ст}$ — ток через стабилитрон, стабистор. (Не путать с током, который идет от стабилизатора в нагрузку!)

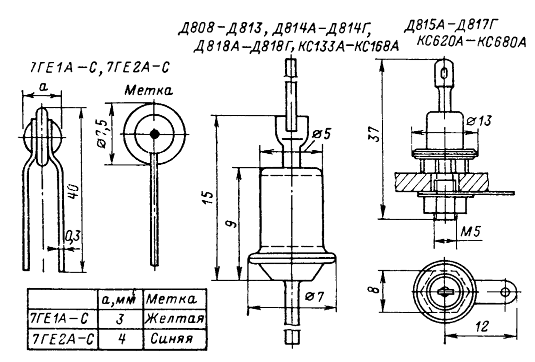


Рис. 10-14.

Минимальный ток стабилизации $I_{ст.\ мин}$ для кремниевого стабилитрона — наименьшее значение тока стабилизации, при котором режим пробоя устойчив. Для стабистора $I_{ст.\ мин}$ представляет собой значение прямого тока, ниже которого крутизна вольт-амперной характеристики резко уменьшается и соответственно дифференциальное сопротивление существенно увеличивается по сравнению с его значением на рабочем участке.

Максимально допустимый ток стабилизации $I_{ст.\ макс}$ — наибольшее значение тока стабилизации, при котором нагрев стабилитрона (стабистора) не выходит за допустимые пределы.

Дифференциальное сопротивление $r_д$ — отношение малого изменения напряжения стабилизации к вызывающему его малому изменению тока стабилизации:

$$r_д = \Delta U_{ст}/\Delta I_{ст}.$$

Светодиоды

Светодиоды — специальные полупроводниковые диоды, излучающие свет при прохождении через них прямого тока. Фосфид-галиевые (GaP) диоды, содержащие в обозначении буквы АЛ, дают красное или зеленое свечение, а диоды из карбида кремния (SiC), содержащие в обозначении буквы КЛ, — желтое свечение. Яркость свечения светодиодов изменяется от долей до сотен кд/м² при изменении прямого тока от единиц до десятков миллиампер.

Применяют светодиоды в радиоэлектронной аппаратуре в качестве индикаторов (например, индикаторов настройки приемников, см. § 2-10), в визуальных фотометрах и фотоэкспонометрах.

Основными параметрами светодиодов являются: яркость свечения B при данном прямом токе $I_{пр}$ и прямое напряжение при этом $U_{пр}$ (табл. 10-27).

Таблица 10-27

Светодиоды (рис. 10-15)

Тип диода	Цвет свечения	$I_{пр}$, мА	B, кд/м²	$U_{пр}$, В
АЛ102А	Красный	5	5	3,2
АЛ102Б	Красный	20	40	4,5
АЛ102В	Зеленый	30	50	5,0
КЛ101А	Желтый	10	10	5,5
КЛ101Б	Желтый	20	15	5,5
КЛ101В	Желтый	40	20	5,5

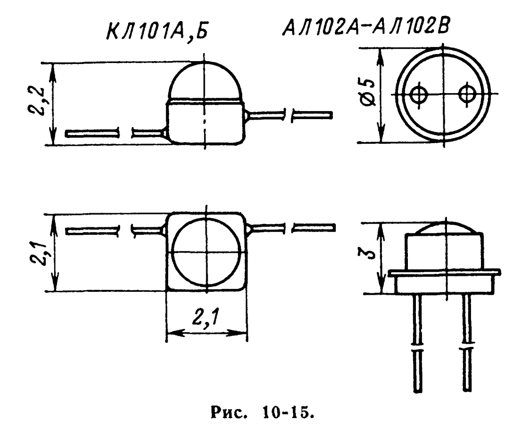


Рис. 10-15.

Параметры тиристоров

Вольт-амперная характеристика тиристора представлена на рис. 10-16. Участок OA соответствует его выключенному состоянию.

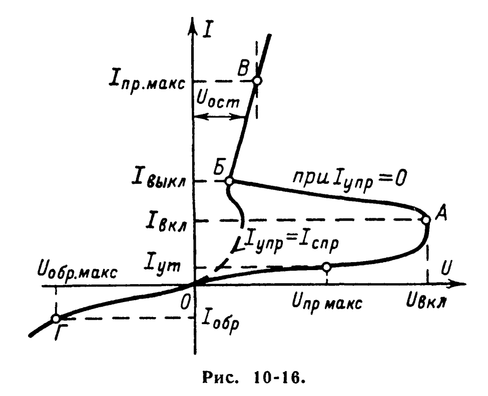


Рис. 10-16.

При этом через тиристор протекает лишь ток утечки $I_{ут}$, а ток в цепи управляющего электрода равен нулю. Вблизи точки A ток через тиристор резко растет при небольшом увеличении напряжения. Напряжение и ток, соответствующие точке A, называются напряжением включения $U_{вкл}$ и током включения $I_{вкл}$. Положение рабочей точки тиристора на участке $АБ$ неустойчиво. Если последовательно с тиристором включено малое сопротивление нагрузки, рабочая точка быстро (за время включения $\tau_{вкл}$) перемещается на участок характеристики $БВ$. На этом участке падение напряжения на тиристоре мало (тиристор «включен») и практически все напряжение источника питания оказывается приложенным к нагрузке, включенной в цепь анода тиристора. Для того чтобы снова выключить тиристор, нужно уменьшить ток через него до значения меньшего, чем $I_{выкл}$ — ток выключения. Тиристор выключается за время не меньшее, чем $\tau_{выкл}$ — время выключения.

Напряжение включения тиристора уменьшается при подаче прямого тока в управляющий электрод. Важнейшим параметром тиристора является ток спрямления $I_{спр}$ — прямой ток в цепи управляющего электрода, которому соответствует пунктирная часть вольт-амперной характеристики. Току $I_{спр}$ соответствует $U_{спр}$ — напряжение спрямления, которое нужно подать между управляющим электродом и катодом тиристора для его включения.

Предельный режим работы тиристора характеризуется максимально допустимым импульсным током анода $I_{пр.\,имп.\,макс}$, предельной рассеиваемой мощностью $P_{макс}$, а также максимальным обратным напряжением $U_{обр.\,макс}$ (табл. 10-28).

10-5. ТРАНЗИСТОРЫ

Габариты транзисторов и расположение выводов их электродов

На габаритных чертежах транзисторов приняты следующие обозначения выводов электродов: *б* — база, *к* — коллектор, *э* — эмиттер, *з* — затвор, *и* — исток, *с* — сток. Буквой *т* обозначены маркировочные точки на корпусах транзисторов, обозначающие эмиттер, и буквой *ф* — фланцы для крепления транзисторов к теплоотводам.

У сплавных маломощных транзисторов с корпусом соединена база, у высокочастотных — коллектор. У некоторых новых высокочастотных транзисторов малой мощности (ГТ311, ГТ313А — ГТ313Е, ГТ322А — ГТ322Е) все выводы электродов изолированы от корпусов. У транзисторов большой мощности с корпусами соединены коллекторы для лучшего теплоотвода.

Корпуса транзисторов КТ315А—КТ315Г— из пластмассы. В одном из конструктивных оформлений полевые транзисторы КП102Е—КП102Л и КП103Е—КП103М также имеют пластмассовые корпуса.

Предельно допустимые эксплуатационные значения параметров транзисторов

Предельные электрические и тепловые режимы работы транзисторов характеризуются максимально допустимыми напряжениями между электродами, токами через них, а

Таблица 10-28

Тиристоры (рис. 10-17)

Параметры (рис. 10-16)	Тип тиристора													
	КУ101А	КУ101Б	КУ101Г	КУ101Е	КУ201А	КУ201Б	КУ201В	КУ201Г	КУ201Д	КУ201Е	КУ201Ж	КУ201И	КУ201К	КУ201Л
$I_{ут}$, мА (при $U_{пр}$, В)	0,3 (50)	0,3 (50)	0,3 (80)	0,3 (150)	5 (30)	5 (30)	5 (60)	5 (60)	5 (120)	5 (120)	5 (240)	5 (240)	5 (360)	3 (360)
$I_{спр}$, мА (при $U_{пр}=10$ В)	0,05—7,5	0,05—7,5	0,05—7,5	0,05—7,5	$\leqslant 100$	$\leqslant 100$	$\leqslant 100$	$\leqslant 100$	$\leqslant 100$	$\leqslant 100$	$\leqslant 100$	$\leqslant 100$	$\leqslant 100$	$\leqslant 100$
$U_{спр}$, В	0,25—10	0,25—10	0,25—10	0,25—10	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7
Прямое напряжение $U_{пр.макс}$, В	50	50	80	150	25	25	50	50	100	100	200	200	300	300
Обратное напряжение $U_{обр.макс}$, В	10	50	80	150	—	25	—	50	—	100	—	200	—	300
Рассеиваемая мощность, Вт (при $t_к=50$ °С)	0,15	0,15	0,15	0,15	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
Ток управляющего электрода не более, мА	15	15	15	15	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200
$I_{пр.имп.макс}$, А (при $\tau_{имп}\leqslant 10$ мкс)	1	1	1	1	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10

Примечания: 1. Время включения не более 2 мкс.
2. Время выключения не более 35 мкс.

также рассеиваемой в приборе мощностью при данной температуре корпуса или окружаю-

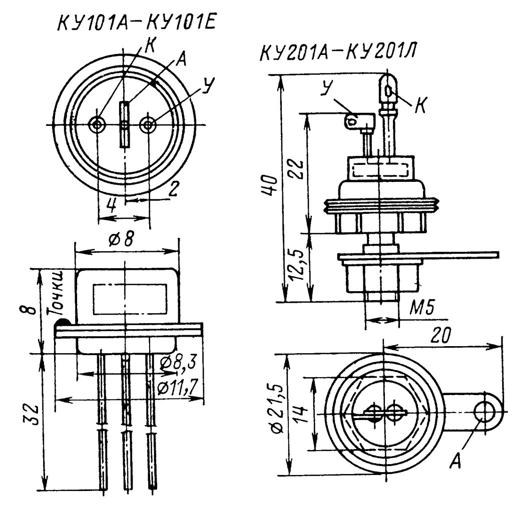
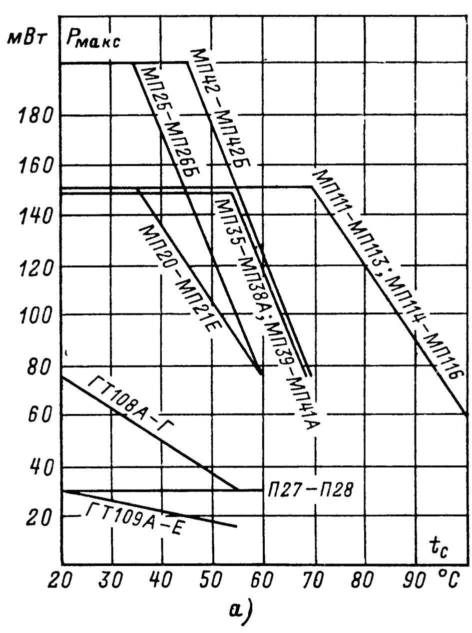


Рис. 10-17.

щей среды. Превышение указанных максимально допустимых значений нагрузок приводит к резкому сокращению долговечности

особенно когда эти максимальные нагрузки действуют одновременно. Для того чтобы устройство на транзисторах действовало безотказно длительное время, при конструировании схем нужно выбирать типы транзисторов и их рабочие режимы так, чтобы напряжения, токи и мощность не превышали 0,7—0,8 их максимально допустимых значений. Совмещение максимальных нагрузок (например, тока и напряжения на коллекторе, тока и мощности) не должно иметь места ни в каких случаях.

Максимально допустимая мощность $P_{макс}$ — наибольшая мощность, рассеиваемая в транзисторе при температуре окружающей среды $t_с$ или корпуса $t_к$. При работе транзистора в усилителе в режиме А или в стабилизаторе напряжения величина $P_{макс}$ определяется как произведение постоянного напряжения между коллектором и эмиттером на постоянный ток коллектора (в режиме А — ток покоя). Если транзистор работает в режиме переключения, то кроме мощности, рассеиваемой в коллекторном переходе, добавляется мощность, рассеиваемая в базе, равная произведению напряжения между базой и эмиттером на ток базы. Для транзисторов отдельных типов (например, ГТ321) установлена максимальная мощность, рассеиваемая при заданной длительности импульса. При повышении темпе-



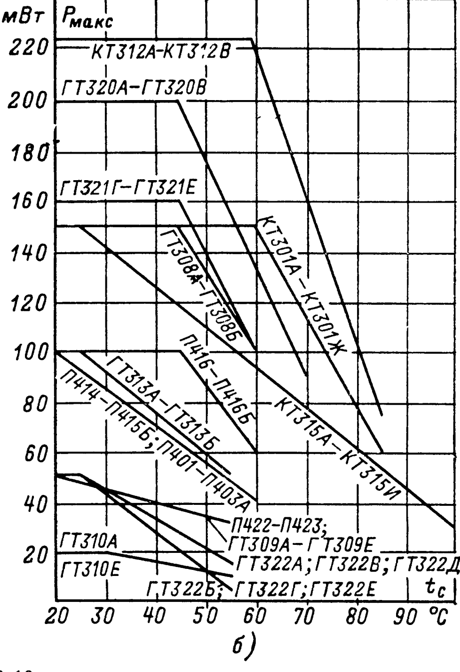


Рис. 10-18.

транзисторов, необратимому ухудшению параметров, а иногда и к немедленному отказу прибора. Следует также помнить, что аппаратура недостаточно надежна, если транзисторы работают в ней при максимально допускаемых напряжениях, токах, мощности,

ратуры среды или корпуса эта мощность должна снижаться. На рис. 10-18, *а* приведены графики зависимости $P_{макс}$ от температуры для маломощных НЧ транзисторов, а на рис. 10-18, *б* — для ВЧ транзисторов. Величину $P_{макс}$ можно рассчитать для задан-

ной температуры корпуса или окружающей среды при известном тепловом сопротивлении транзистора $R_{t\,п.\,к}$, $R_{t\,п.\,с}$ и предельной температуре перехода $t_{п.\,макс}$ по формулам:

$$P_{макс}(t_к) = (t_{п.макс} - t_к)/R_{tп.к};$$

$$P_{макс}(t_с) = (t_{п.макс} - t_с)/R_{tп.с}.$$

В табл. 10-29 приведены значения тепловых сопротивлений и рассеиваемых мощностей для транзисторов средней и большой мощности ($P^{т}_{макс}$ — рассеиваемая мощность при монтаже на теплоотводе).

Максимально допустимые напряжения $U_{к.\,б.\,макс}$, $U_{к.\,э.\,макс}$, $U_{б.\,э.\,макс}$, $U_{с.\,и.\,макс}$, $U_{з.\,и.\,макс}$. (В этих обозначениях параметров первая и вторая подстрочные буквы указывают, между какими выводами электродов транзисторов напряжения с данными значениями допустимо прикладывать: *б* — база, *к* — коллектор, *э* — эмиттер; *и* — исток, *с* — сток, *з* — затвор полевого транзистора.) Например, $U_{с.\,и.\,макс}$ — максимально допустимое напряжение между стоком и истоком полевого транзистора.

Для большинства транзисторов указывается максимальное сопротивление между базой и эмиттером $R_{б.\,э}$, при котором допустимо данное значение $U_{к.\,э.\,макс}$ в отсутствие запирающего смещения на базе. Обычно для маломощных транзисторов максимальная величина $R_{б.\,э}$ составляет 10 кОм, а для мощных — 100 Ом. Применение запирающего смещения позволяет увеличивать напряжение $U_{к.\,э}$ (но не выше значения $U_{к.\,б.\,макс}$), а увеличение сопротивления $R_{б.\,э}$ вызывает необходимость снижать напряжение $U_{к.\,э}$.

Максимально допустимые токи $I_{к.\,макс}$, $I_{э.\,макс}$, $I_{б.\,макс}$, $I_{с.\,макс}$ (подстрочные буквы указывают электрод транзистора). Ток базы регламентируется только для транзисторов большой и средней мощности. При работе в импульсном режиме и в режиме переключения при насыщении токи электродов могут быть значительно больше указываемых средних значений в статическом режиме.

Таблица 10-29

Транзисторы средней и большой мощности (максимально допустимые мощности рассеяния и тепловые параметры)

Тип транзистора	$P_{макс}$, Вт (при $t_с$, °С)	$P^{(т)}_{макс}$, Вт (при $t_к$, °С)	$R_{t\,п.\,к}$ не более, °С/Вт	$R_{t\,п.\,с}$ не более, °С/Вт	$t_{п.\,макс}$, °С	Диапазон рабочих температур, °С
КТ601А	0,25 (25)	0,5 (00)	—	250	150	—20 ÷ +55
П601И—П602АИ	0,5 (60)	3 (20); 1,25 (60)	15	50	85	—50 ÷ +60
П605—П606А	0,5 (60); 0,3 (60)	3,0 (25); 1,25 (60)	15	50	85	—50 ÷ +60
П607—П609Б	—	1,5 (—40)	2,0	—	85	—50 ÷ +60
ГТ402А, Б	0,6 (20)	1,0 (00)	50	100	85	—25 ÷ +55
ГТ403А—ГТ403И	0,65 (00)	4,0 (00)	15	100	85	—40 ÷ +70
КТ602А, Б	0,85 (50); 0,2 (85)	2,8 (20); 0,65 (85)	45	150	120	—40 ÷ +85
П302—П306А	1,0 (20)	10 (50); 3,0 (85)	10	100	120	—55 ÷ +85
П701—П701Б	1,0 (50)	10 (50)	10	85	150	—55 ÷ +100
ГТ804 *	1,2 (60)	15 (60)	2,0	40	65	—25 ÷ +60
КТ604А, Б	0,8 (20); 0,33 (100)	3,0 (20); 1,25 (100)	40	150	150	—25 ÷ +100
КТ605А, Б	—	0,4 (20)	—	300	150	—25 ÷ +100
П4АЭ	2 (40)	15 (50)	2,0	40	85	—60 ÷ +70
П4БЭ—П4ДЭ	3 (40)	20 (50)	2,0	40	85	—60 ÷ +70
П201Э—П203Э	1 (25)	10 (40)	4,5	60	85	—55 ÷ +60
П210Б, В	2 (25)	45 (25)	1,0	35	70	—55 ÷ +60
П213—П215	—	10 (45)	4,0	35	85	—60 ÷ +70
П216Б—П217Г	—	24 (45)	—	—	85	—
КТ801А, Б	—	5 (50)	20	—	—	—55 ÷ +100
КТ802А	3 (20)	50 (25)	2,5	30	150	—20 ÷ +100
КТ805А, Б	3 (20)	30 (50)	3,3	30	150	—55 ÷ +100
КТ903А, Б**	—; —	30 (20); 9 (85)	3,3; —	—; —	115	—40 ÷ +85; —
КТ904А, Б	—	5 (25)	—	—	150	—
КТ907А, Б	—	16 (25)	—	—	150	—
ГТ701А	—	25 (55); 8,3 (75)	1,2	—	85	—55 ÷ +70

* $P_{к.\,имп} = 120$ Вт.

** $P_{к.\,имп} = 60$ Вт (20 °С); $P_{к.\,имп} \approx 18$ Вт (85 °С).

Параметры постоянного тока

Параметры постоянного тока характеризуют величины неуправляемых токов через электронно-дырочные переходы транзисторов.

Обратный ток коллектора $I_{к0}$ — ток через переход коллектор — база при разомкнутой цепи эмиттера при заданном напряжении на коллекторе; измеряется в схеме на рис. 8-27, *а*.

Начальный ток коллектора $I_{к.\,н}$ — ток в цепи коллектора при соединенных вместе эмиттере и базе (непосредственно или через резистор) при заданном напряжении на коллекторе; измеряется в схеме на рис. 8-27, *б*.

Ток коллектора запертого транзистора $I_{к.\,з}$ — ток коллектора при обратном смещении на переходе база — эмиттер при заданных напряжениях на коллекторе и эмиттере.

Обратный ток эмиттера $I_{э0}$ — ток через переход эмиттер — база при разомкнутой цепи коллектора при заданном напряжении на эмиттере; измеряется в схеме на рис. 8-27, *в*.

Ток утечки затвора полевого транзистора $I_з$ — ток в цепи затвора транзистора при заданном напряжении. Для полевых транзисторов с *p-n* переходом $I_з$ составляет обычно несколько наноампер, а для транзисторов с изолированным затвором — несколько пикоампер.

Токи $I_{к0}$, $I_{э0}$, $I_{к.\,н}$, $I_{к.\,з}$, $I_з$ растут с увеличением температуры. В таблицах указываются наибольшие допустимые величины этих токов, при которых транзисторы считаются исправными. Чем меньше неуправляемые токи транзистора, тем качество его лучше.

Параметры большого сигнала

Параметры большого сигнала характеризуют работу транзисторов в мощных каскадах усиления и в переключателях.

Статический коэффициент передачи тока базы $h_{21Э}$ ($B_{ст}$) — отношение постоянного тока коллектора к току базы. В таблицах указывается для заданного постоянного напряжения $U_{к.\,э}$ и тока $I_к$.

Статическая крутизна $S_{ст}$ (Y_{21}) — отношение постоянного тока коллектора к постоянному напряжению на входе транзистора. Выражается в А/В или мА/В. В таблицах указывается для заданных постоянного напряжения $U_{к.\,э}$ и тока $I_к$. Для схемы ОБ $S_{ст} = I_к/U_{э.\,б}$, для схемы ОЭ $S_{ст} = I_к/U_{б.\,э}$, здесь $U_{э.\,б}$ и $U_{б.\,э}$ — напряжения на эмиттере и базе соответственно.

Напряжение между базой и эмиттером насыщенного транзистора $U_{б.\,н}$ измеряется при определенных значениях тока коллектора и базы.

Напряжение между коллектором и эмиттером насыщенного транзистора $U_{к.\,н}$ измеряется в тех же режимах, что и $U_{б.\,н}$.

Время рассасывания $\tau_р$ — интервал времени между моментом подачи на базу насыщенного транзистора запирающего импульса (ток $I_{б2}$ на рис. 10-19) и моментом, когда напряжение на коллекторе достигает уровня $(0,1 \div 0,3)\ U_к$. Время рассасывания зависит от глубины насыщения транзистора и измеряется при определенной величине коллекторного и базового тока. Глубина насыщения определяется коэффициентом насыщения

$$K = I_б h_{21Э}/I_к,$$

который показывает, во сколько раз ток базы транзистора, находящегося в режиме

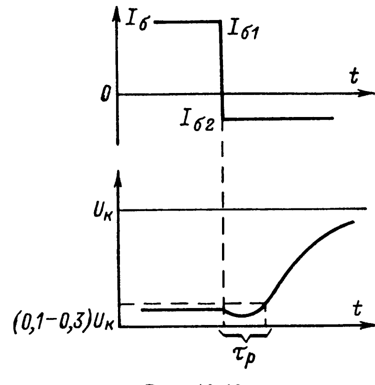


Рис. 10-19.

насыщения, больше тока базы, требуемого для перевода транзистора на границу насыщения. Граница насыщения характеризуется тем, что напряжение на коллекторном переходе равно нулю. Чем больше глубина насыщения транзистора — тем больше время рассасывания.

Параметры малого сигнала

Параметры малого сигнала используют при расчетах усилительных каскадов, амплитуды сигналов в выходных цепях которых существенно меньше напряжения источников питания, а также при расчете стабилизаторов напряжения и транзисторных фильтров.

Коэффициент передачи тока h_{21} — отношение изменения тока коллектора (выходного тока) к вызвавшему его изменению входного тока в режиме короткого замыкания по переменному току на выходе. В зависимости от схемы включения к цифровым индексам добавляется буквенный: $h_{21б}$ — коэффициент передачи тока в схеме ОБ; $h_{21э}$ — коэффициент передачи тока в схеме ОЭ. Применяются также следующие символы для обозначения коэффициентов передачи тока: для схемы ОБ — α, α_0 и для схемы ОЭ — β, β_0, B. Соотношения между коэффициентами передачи тока:

$$h_{21э} = \frac{-h_{21б}}{1 + h_{21б}};$$

$$h_{21б} = \frac{-h_{21э}}{h_{21э} + 1}.$$

Измерение коэффициентов передачи тока производится, как правило, на частотах 50 — 1 000 Гц; на ВЧ эти параметры становятся комплексными величинами.

Усилительные свойства транзисторов на ВЧ характеризуются модулем коэффициента передачи тока $|h_{21э}|$. В таблицах указывают значения $h_{21э}$ и $|h_{21э}|$, соответствующие установленным величинам $U_{к.э}$ и $I_к$ (или $I_э$).

Входное сопротивление h_{11} — отношение изменения входного напряжения к вызвавшему его изменению входного тока при коротком замыкании по переменному току на выходе. В соответствии со схемой включения входное сопротивление обозначается $h_{11б}$, $h_{11э}$, при этом

$$h_{11э} \approx h_{11б} h_{21э}.$$

При увеличении тока коллектора значения $h_{11б}$ и $h_{11э}$ уменьшаются. Для сплавных германиевых транзисторов малой мощности типичны значения $h_{11б} = 22 \div 30$ Ом, для сплавных кремниевых 35—300 Ом, для диффузионных планарных 20—50 Ом.

Выходная проводимость $h_{22б}$ [мкСм] — отношение изменения выходного тока к вызвавшему его изменению выходного напряжения в режиме холостого хода на входе и при включении транзистора по схеме ОБ. Выходная проводимость $h_{22э}$ — параметр, аналогичный $h_{22б}$, но при включении транзистора по схеме ОЭ

$$h_{22э} \approx h_{22б} h_{21э}.$$

Крутизна полевого транзистора G [мА/В] — отношение переменной составляющей тока в цепи стока к переменной составляющей вызвавшего его напряжения между затвором и истоком.

Крутизна обычного (биполярного) транзистора: $G = 1\,000/h_{11б}$, мА/В.

Емкость коллекторного перехода $C_к$ — измеряется между выводами коллектора и базы при отключенном эмиттере и обратном смещении на коллекторе. При увеличении обратного напряжения емкость уменьшается.

Емкость эмиттерного перехода $C_э$ — измеряется между выводами эмиттера и базы на заданной частоте при отключенном коллекторе и обратном смещении на эмиттере. При повышении напряжения величина $C_э$ также уменьшается.

Постоянная времени цепи обратной связи в транзисторе на ВЧ $r'_б C_к$ — произведение омического сопротивления базы на емкость коллектора; выражается в пикосекундах, т. е. Ом·пФ.

Входная емкость полевого транзистора $C_{вх}$ — емкость между выводом затвора и соединенными вместе выводами истока и стока.

Проходная емкость полевого транзистора $C_{прох}$ — емкость между стоком и затвором. Эта емкость вызывает появление обратной связи между выходом и входом усилителя на полевом транзисторе (аналогична действию емкости между сеткой и анодом вакуумного триода).

Коэффициент шума F — отношение полной мощности шумов на выходе транзистора к части мощности, вызываемой тепловыми шумами сопротивления источника сигнала. Коэффициент шума выражается в децибелах. Его величина дается для определенного диапазона частот; зависит от частоты и тока коллектора. Для большинства транзисторов минимальные шумы имеют место при работе на частотах 1—10 кГц. На более высоких и низких частотах F увеличивается. Шумы полевых транзисторов на НЧ (звуковых частотах) обычно значительно меньше, чем у обычных.

Частотные параметры

Предельная частота передачи тока — частота, на которой модуль коэффициента передачи тока уменьшается на 3 дБ, т. е. до 0,7 величины, измеренной на НЧ. Для случая включения транзистора по схеме ОБ эта частота обозначается $f_{h21б}$ или f_α. При включении транзистора по схеме ОЭ предельная частота обозначается $f_{h21э}$ (f_β). Она примерно в $h_{21э}$ раз ниже частоты $f_{h21б}$.

Граничная частота передачи тока базы $f_т$ — частота, на которой модуль коэффициента передачи тока транзистора, включенного по схеме ОЭ, равен единице. При известном значении $f_т$ для любой частоты $0{,}1 f_т < f < f_т$ (на этих частотах модуль коэффициента усиления по току изменяется по закону «6 дБ на октаву», т. е. вдвое при изменении частоты в 2 раза) модуль коэффициента передачи тока

$$|h_{21э}| = f_т / f.$$

Максимальная частота генерации $f_{макс}$ — наибольшая частота, на которой транзистор способен генерировать колебания в схеме автогенератора при оптимальной величине обратной связи.

При одном и том же режиме транзистора по постоянному току ($U_{к.э}$, $U_{к.б}$, $I_к$) имеют место следующие соотношения:

$$f_{h21э} \approx f_{h21б}/h_{21э}; \quad f_{h21б} \approx f_{h21э} h_{21э};$$

$$f_{h21б} \approx 1{,}2 f_т;$$

$$f_т \approx 0{,}8 f_{h21б}; \quad f_{макс} \approx 200 \sqrt{\frac{f_т}{r'_б C_к}};$$

$$f_с \approx 25 \cdot 10^{-6} f_{макс} r'_б C_к;$$

$$f_{макс} \approx 180 \sqrt{\frac{f_{h21б}}{r'_б C_к}}.$$

Во всех этих формулах частоты выражены в мегагерцах, а $r'_б C_к$ — в пикосекундах [Ом·пФ].

Таблица 10-30

Транзисторы малой мощности, низкочастотные и среднечастотные (рис. 10-20)

Тип транзистора	Предельно допустимые эксплуатационные значения параметров [1]			$h_{21э}$ (при $U_{к.э}$, В; $I_э$, мА)	$f_{h21э}$ (при $U_{к.э}$, В; $I_э$, мА) не менее, МГц	$I_{к0}$ не более [2], мкА	$C_к$ не более [3], пФ	$h_{22б}$ (при $U_{к.б}$, В; $I_б$, мА) не более [4], мкСм
	$U_{к.э.макс}$, В	$U_{к.б.макс}$, В	$I_{к.макс}$, мА					
Германиевые сплавные структуры p-n-p								
МП20А	20	30	**300**	50—150 (5; 25)	2,0 (5; 5)	50	—	—
МП20Б	20	30	**300**	80—200 (5; 25)	1,5 (5; 5)	50	—	—
МП21В	35	60	**300**	20—100 (5; 25)	1,5 (5; 5)	50	—	—
МП21Г	30	40	**300**	20—80 (5; 25)	1,0 (5; 5)	50	—	—
МП21Д	30	50	**300**	60—200 (5; 25)	1,0 (5; 5)	50	—	—
МП21Е	35	70	**300**	30—150 (5; 25)	0,7 (5; 5)	50	—	—
МП25	40	40	**300**	13—25 (20; 2,5)	0,2 (20; 25)	75	—	1,5
МП25А	40	40	**400**	20—40 (20; 2,5)	0,2 (20; 25)	75	—	1,5
МП25Б	40	40	**400**	30—80 (20; 2,5)	0,5 (20; 25)	75	—	1,5
МП26	70	70	**300**	13—25 (30; 1,5)	0,2 (20; 25)	75	—	1,0
МП26А	70	70	**400**	20—40 (30; 1,5)	0,2 (20; 25)	75	—	1,0
МП26Б	70	70	**400**	30—80 (30; 1,5)	0,5 (20; 25)	75	—	1,0
П27	5	5	6	20—100 (5; 0,5)	1,0 (5; 0,5)	3	50	2,0
П27А	5	5	6	20—170 (5; 0,5)	1,0 (5; 0,5)	3	50	1,0
П28	5	5	6	20—200 (5; 0,5)	5,0 (5; 0,5)	3	50	1,0
МП39	10	10	40; **150**	$\geqslant$ 12 (5; 1)	0,5 (5; 1)	15	60	3,3
МП39Б	10	10	40; **150**	20—60 (5; 1)	0,5 (5; 1)	15	60	3,3
МП40	10	10	40; **150**	20—40 (5; 1)	1,0 (5; 1)	15	60	3,3
МП40А	30	30	40; **150**	20—40 (5; 1)	1,0 (5; 1)	15	60	3,3
МП41	10	10	40; **150**	30—60 (5; 1)	1,0 (5; 1)	15	60	3,3
МП41А	10	10	40; **150**	50—100 (5; 1)	1,0 (5; 1)	15	60	3,3
МП42	15	—	**150**	20—35 (1; 10)	1,0 (5; 1)	—	—	—
МП42А	15	—	**150**	30—50 (1; 10)	1,0 (5; 1)	—	—	—
МП42Б	15	—	**150**	45—100 (1; 10)	1,0 (5; 1)	—	—	—
ГТ108А	—	10	50	20—50 (5; 1)	0,5 (5; 1)	10	50	3,3
ГТ108Б	—	10	50	35—80 (5; 1)	1,0 (5; 1)	10	50	3,3
ГТ108В	—	10	50	60—130 (5; 1)	1,0 (5; 1)	10	50	3,3
ГТ108Г	—	10	50	110—250 (5; 1)	1,0 (5; 1)	10	50	3,3
Германиевые сплавные структуры p-n-p								
ГТ109А	6	10	20	20—50 (5; 1)	1,0 (5; 1)	5	30	3,3
ГТ109Б	6	10	20	35—80 (5; 1)	1,0 (5; 1)	5	30	3,3
ГТ109В	6	10	20	60—130 (5; 1)	1,0 (5; 1)	5	30	3,3
ГТ109Г	6	10	20	110—250 (5; 1)	1,0 (5; 1)	5	30	3,3
ГТ109Д	6	10	20	20—70 (1,2; 0,1)	3,0 (5; 1)	2	40	—
ГТ109Е	6	10	20	50—100 (1,2; 0,1)	5,0 (5; 1)	2	40	—
ГТ109И	6	10	20	20—80 (5; 1)	1,0 (5; 1)	5	30	3,3
Германиевые сплавные структуры n-p-n								
МП35	15	15	20	10—125 (5; 1)	0,5 (5; 1)	—	60	3,3
МП36А	15	15	20	15—45 (5; 1)	1,0 (5; 1)	—	60	3,3
МП37	15	15	20	15—30 (15; 1)	1,0 (5; 1)	—	60	3,3
МП37А	30	30	20	15—30 (15; 1)	1,0 (5; 1)	—	60	3,3
МП37Б	30	30	20	25—50 (5; 1)	1,0 (5; 1)	—	60	3,3
МП38	15	15	20	25—55 (5; 1)	2,0 (5; 1)	—	60	3,3
МП38А	15	15	20	45—100 (5; 1)	2,0 (5; 1)	—	60	3,3

Продолжение табл. 10-30

Тип транзистора	Предельно допустимые эксплуатационные значения параметров [1]: $U_{к.э.макс}$, В	$U_{к.б.макс}$, В	$I_{к.макс}$, мА	$h_{21э}$ (при $U_{к.э}$, В; $I_э$, мА)	$f_{h21э}$ (при $U_{к.э}$, В; $I_э$, мА) не менее, МГц	$I_{к0}$ не более [2], мкА	$C_к$ не более [3], пФ	$h_{22б}$ (при $U_{к.б}$, В; $I_б$, мА) не более [4], мкСм
Кремниевые сплавные структуры n-p-n								
МП111	20	20	20; **100**	10—25 (5; 1)	0,5 (5; 1)	3	170	2,0
МП111А	10	10	20; **100**	10—30 (5; 1)	0,5 (5; 1)	1	170	2,0
МП111Б	20	20	20; **100**	15—45 (5; 1)	0,5 (5; 1)	3	170	2,0
МП112	10	10	20; **100**	15—45 (5; 1)	0,5 (5; 1)	3	170	2,0
МП113	10	10	20; **100**	15—45 (5; 1)	1,0 (5; 1)	3	170	2,0
МП113А	10	10	20; **100**	35—105 (5; 1)	1,2 (5; 1)	3	170	2,0
Кремниевые сплавные структуры p-n-p								
МП114	60	60	10; **50**	≥9 (5; 1)	0,1 (5; 1)	10	80	3,3
МП115	30	30	10; **50**	9—45 (5; 1)	0,1 (5; 1)	10	80	3,3
МП116	15	15	10; **50**	15—100 (5; 1)	0,5 (5; 1)	10	80	2,0

[1] В отсутствие запирающего смещения на базе указанные значения $U_{к.э.макс}$ допустимы при условии, что $R_{б.э}$ для транзисторов МП20А — МП26Б $R_{б.э} = 0$; для МП39 — МП41А $R_{б.э} \leq 10$ кОм; для МП42 — МП42Б $R_{б.э} \leq 3$ кОм; для ГТ109А — ГТ109И $R_{б.э} \leq 200$ кОм; для МП111 — МП116 $R_{б.э} \leq 2$ кОм.

Жирным шрифтом указаны максимально допустимые значения тока коллектора в импульсе $I_{к.имп.макс}$.

[2] Значения $I_{к0}$ соответствуют следующим значениям напряжения $U_{к.б}$: для транзисторов ГТ109Д, ГТ109Е $U_{к.б} = 1,2$ В; для транзисторов МП39 — МП41А, ГТ108А — ГТ108Г, ГТ109А — ГТ109Г, ГТ109И, МП111А, МП112 — МП113А $U_{к.б} = 5$ В; для транзисторов МП111 — МП111Б и МП116 $U_{к.б} = 10$ В; для МП115 $U_{к.б} = 15$ В; для МП114 $U_{к.б} = 30$ В; для транзисторов остальных типов, указанных в таблице, при напряжении $U_{к.б} = U_{к.б.макс}$.

[3] Емкость коллекторного перехода $C_к$ измеряется при напряжении $U_{к.б} = 5$ В и частоте $f = 5$ МГц (П27, П28 при $f = 1$ МГц).

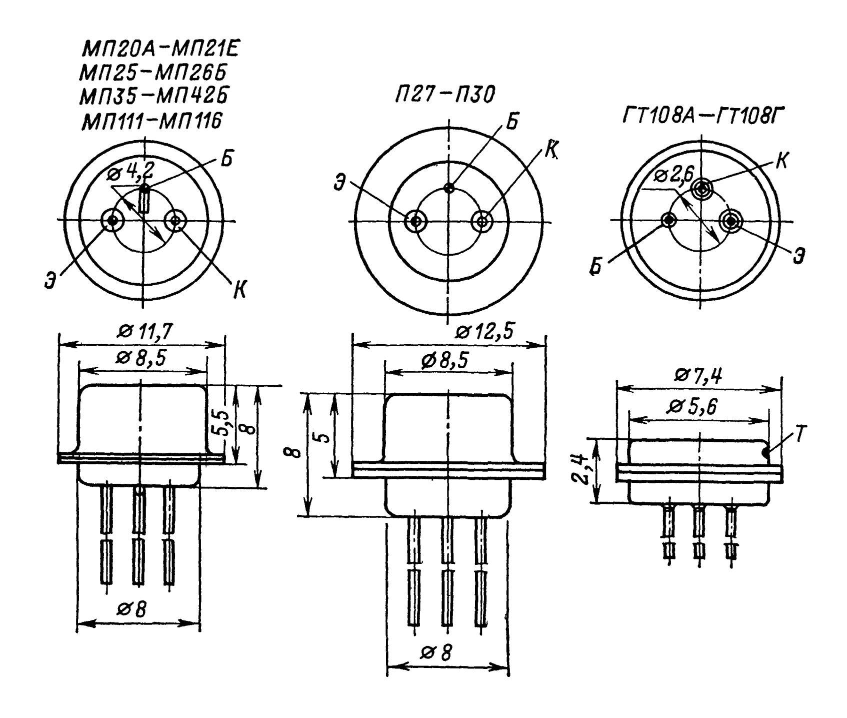
[4] Измеряется в том же режиме, что и $f_{h21б}$.

Таблица 10-31

Полевые транзисторы (рис. 10-20)

Тип транзистора	Предельно допустимые значения параметров: $U_{с.и}$, В	$U_{с.з}$, В	Номинальные электрические параметры *: S, мА/В	$I_с$, мА	$U_{отс}$ не более, В	$I_з$ не более, нА	Емкость не более, пФ: $C_{вх}$	$C_{прох}$
КП102Е	20	30	0,25—0,7	0,18—0,55	2,8	15	5	2
КП102Ж			0,3—0,9	0,4—1,0	4,0			
КП102И			0,35—1,0	0,7—1,8	5,5			
КП102К			0,45—1,2	1,3—3,0	7,5			
КП102Л			0,65—1,3	2,4—6,0	10			
КП103Е	15	20	0,4—1,8	0,3—0,7	1,5	20	17	8
КП103Ж			0,7—2,1	0,55—1,2	2,2			
КП103И			0,8—2,6	1,0—2,1	3,0			
КП103К			1,4—3,5	1,7—3,8	4,0			
КП103Л			1,8—3,8	3,0—6,6	6,0			
КП103М			2,0—4,4	5,4—12	7,0			
КП301Б	20	30	1,0	—	—	0,3	3,5	1,0

* Крутизна S и ток стока $I_с$ соответствуют напряжению сток-исток $U_{с.и} = -10$ В и напряжению на затворе $U_{з.и} = 0$, для КП301Б при $U_{с.и} = 15$ В, $I_с = 5$ мА. Напряжение отсечки $U_{отс}$ соответствует напряжению $U_{с.и} = -10$ В и току стока 10 мкА для транзисторов КП102Е — КП102Л и 20 мкА для транзисторов КП103Е — КП103М.


МП20А-МП21Е
МП25-МП26Б
МП35-МП42Б
МП111-МП116
П27-П30
ГТ108А-ГТ108Г
ø4,2
ø2,6
Б
К
Э
ø11,7
ø8,5
5,5
8
ø12,5
8
5
ø7,4
ø5,6
2,4
Т
ø8

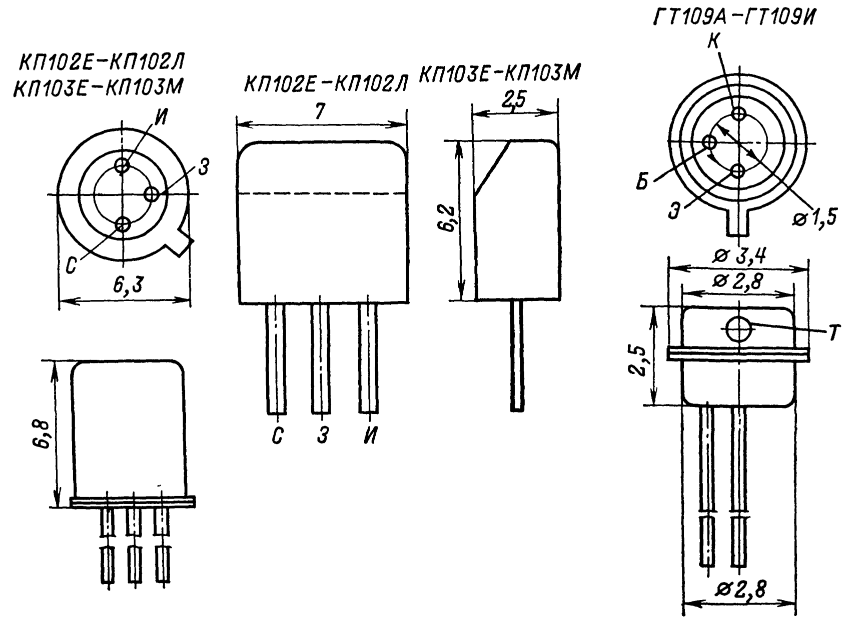

КП102Е-КП102Л
КП103Е-КП103М
КП102Е-КП102Л
КП103Е-КП103М
ГТ109А-ГТ109И
И
З
С
6,3
7
2,5
6,2
6,8
С З И
К
Б
Э
ø1,5
ø3,4
ø2,8
Т
2,5
ø2,8

Рис. 10-20.

Таблица 10-32

Германиевые транзисторы малой мощности высокочастотные и сверхвысокочастотные (рис. 10-21)

Тип транзистора	Предельно допустимые эксплуатационные значения параметров [1]		Электрические параметры [2]				
	$U_{к.э.макс}$, В	$I_{к.макс}$, мА	$h_{21э}$, $B^*_{ст}$	$f_{h21б}$, $f^*_{макс}$ не менее, Мгц (при $U_{к.б}$, В; $I_к$, мА)	$I_{к0}$ не более [4], мкА	$C_к$ не более [3], пФ	$r'_б C_к$ не более [5], пс
Диффузионно-сплавные структуры p-n-p							
П401	10	20	16—300	30 * (5; 5)	10	15	3 500
П402	10	20	16—250	60 * (5; 5)	5	10	1 000
П403	10	20	30—100	120 * (5; 5)	5	10	500
П403А	10	20	16—200	120 * (5; 5)	5	10	500
П414	10	10; **30**	25—100	60 * (5; 5)	5	10	1 000
П414А	10	10; **30**	60—120	60 * (5; 5)	5	10	1 000
П414Б	10	10; **30**	100—200	60 * (5; 5)	5	10	1 000
П415	10	10; **30**	25—100	120 * (5; 5)	5	10	500
П415А	10	10; **30**	60—120	120 * (5; 5)	5	10	500
П415Б	10	10; **30**	100—200	120 * (5; 5)	5	10	500
П416	12	25; **120**	20—80	60 (5; 5)	3	8	500
П416А	12	25; **120**	60—125	90 (5; 5)	3	8	500
П416Б	12	25; **120**	100—250	120 (5; 5)	3	8	500
П422	10	10	30—100	60 * (5; 5)	5	10	1 000
П423	10	10	30—100	120* (5; 5)	5	10	500
ГТ305А	15	40	20—40	200 (5; 5)	6	7	500
ГТ305Б	15	40	50—500	250 (5; 5)	70	7	500
ГТ305В	15	40	40—360	250 (5; 5)	6	5,5	300
ГТ308А	15	50; **120**	20—75 *	140 (5; 5)	2	8	400
ГТ308Б	15	50; **120**	50—120 *	180 (5; 5)	2	8	400
ГТ308В	15	50; **120**	80—200 *	180 (5; 5)	2	8	400
ГТ309А	10	10	20—70 *	90 (5; 5)	5	10	500
ГТ309Б	10	10	60—180 *	90 (5; 5)	5	10	500
ГТ309В	10	10	20—70 *	60 (5; 5)	5	10	1 000
ГТ309Г	10	10	60—180 *	60 (5; 5)	5	10	1 000
ГТ309Д	10	10	20—70 *	30 (5; 5)	5	10	1 000
ГТ309Е	10	10	60—180 *	30 (5; 5)	5	10	1 000
ГТ310А	10	10	20—70	240	5	4	300
ГТ310Б	10	10	60—180	240	5	4	300
ГТ310В	10	10	20—70	180	5	5	300
ГТ310Г	10	10	60—180	180	5	5	300
ГТ310Д	10	10	20—70	120	5	5	500
ГТ310Е	10	10	60—180	120	5	5	500
ГТ320	15	150; **300**	20—80 *	120	2	8	500
ГТ320Б	15	150; **300**	50—120 *	190	2	8	500
ГТ320В	15	150; **300**	80—250 *	250	2	8	600
ГТ311Е	12	50	15—80 *	400	10	2,5	75
ГТ311Ж	12	50	50—200 *	450	10	2,5	100
ГТ311И	10	50	100—300 *	600	10	2,5	100

Продолжение табл. 10-32

Тип транзистора	Предельно допустимые эксплуатационные значения параметров [1]		Электрические параметры [2]				
	$U_{к.\,э.\,макс}$, В	$I_{к.\,макс}$, мА	$h_{21э}$ В$^*_{ст}$	$f_{h21б}$, $f^*_{макс}$ не менее, Мгц (при $U_{к.\,б}$, В; $I_к$, мА)	$I_{к0}$ не более [4], мкА	$C_к$ не более [3], пФ	$r'_б C_к$ не более [5], пс
Планарные структуры p-n-p							
ГТ313А	12	10	20—250	450—1 500	3	2,5	75
ГТ313Б	12	10	20—250	650—1 500	3	2,5	40
Конверсионные структуры p-n-p							
ГТ321А	50	**2 000**	20—60 *	90	500	80	600
ГТ321Б	50	**2 000**	40—120 *	90	500	80	600
ГТ321В	50	**2 000**	80—200 *	90	500	80	600
ГТ321Г	40	**2 000**	20—60 *	90	500	80	600
ГТ321Д	40	**2 000**	40—120 *	90	500	80	600
ГТ321Е	40	**2 000**	80—200 *	90	500	80	600
Сплавно-диффузионные структуры p-n-p							
ГТ322А	10	5	20—70 *	120	4	1,8	200
ГТ322Б	6	5	50—120 *	120	4	1,8	200
ГТ322В	10	5	20—70 *	75	4	2,5	200
ГТ322Г	10	5	50—120 *	75	4	2,5	200
ГТ322Д	10	5	20—70 *	75	4	1,8	200
ГТ322Е	10	5	50—120 *	75	4	1,8	200
ГТ323А	10	**1 000**	20—60 *	200	30	30	300
ГТ323Б	10	**1 000**	40—120 *	200	30	30	300
ГТ323В	10	**1 000**	80—200 *	300	30	30	300

[1] Жирным шрифтом показаны допустимые значения в импульсе и в режиме переключения при насыщении. Указанные значения $U_{к.\,э.\,макс}$ допустимы в отсутствие смещения на базу для транзисторов П401—П403, П414—П416Б, П422, П423, ГТ308А—ГТ308В, ГТ320А—ГТ320В при сопротивлении в цепи базы не более 1 кОм и для ГТ309А—ГТ309Е, ГТ310А—ГТ310Е, ГТ322А, ГТ322Б не более 10 кОм.

[2] Указанные значения $h_{21э}$ соответствуют следующим режимам транзисторов: ГТ308А—ГТ308В и ГТ320А—ГТ320В $U_{к.\,э} = 1$ В, $I_к = 10$ мА; ГТ310А—ГТ310Е $U_{к.\,э} = 5$ В, 1 мА; для остальных транзисторов $U_{к.\,э} = 5$ В, $I_к = 5$ мА.

[3] Емкость $C_к$ транзисторов измеряется на частоте 5 МГц при $U_{к.\,б} = 5$ В, $I_э = 0$ (для транзисторов ГТ313А, ГТ313Б и ГТ322А—ГТ322Е при $f = 10$ МГц, для ГТ321А—ГТ321Е при $U_{к.\,б} = 10$ В).

[4] Обратный ток коллектора $I_{к0}$ измеряется при $U_{к.\,б} = 10$ В для транзисторов П414—П416Б, ГТ311И, ГТ322А, ГТ322Е, при $U_{к.\,б} = 12$ В для ГТ311Е, ГТ311Ж и ГТ313А, ГТ313Б, при $U_{к.\,б} = 30$ В для ГТ321А—ГТ321В, при $U_{к.\,б} = 45$ В для ГТ321Г—ГТ321Е и при 5 В для остальных.

[5] Параметр $r'_б C_к$ измеряется при $U_{к.\,э} = 5$ В, $I_э = 5$ мА, $f = 5$ МГц (для ГТ321А—ГТ321Е при $U_{к.\,э} = 10$ В, $I_э = 15$ мА).

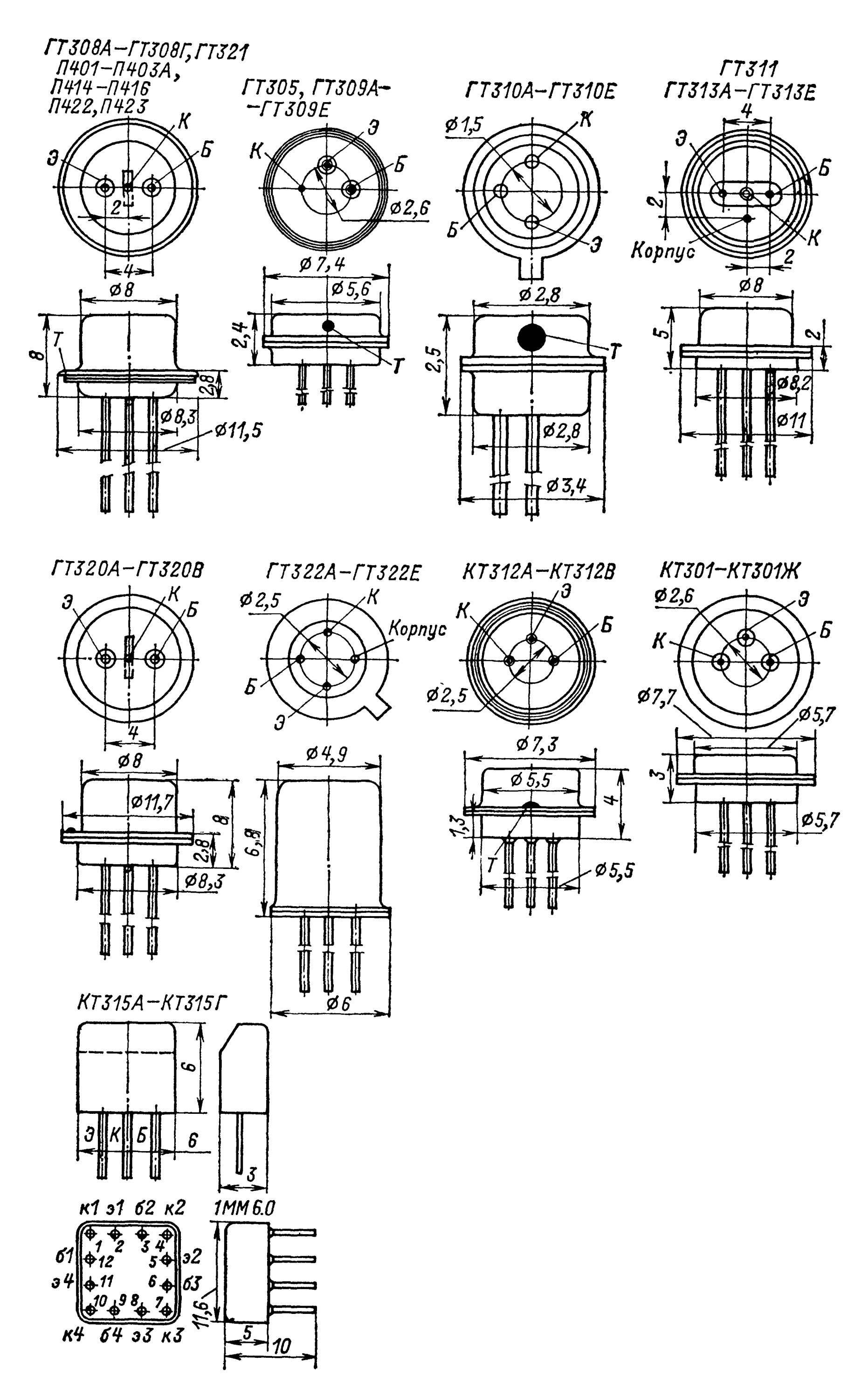

ГТ308А–ГТ308Г, ГТ321
П401–П403А,
П414–П416
П422, П423
ГТ305, ГТ309А–
–ГТ309Е
ГТ310А–ГТ310Е
ГТ311
ГТ313А–ГТ313Е
Корпус
ГТ320А–ГТ320В
ГТ322А–ГТ322Е
КТ312А–КТ312В
КТ301–КТ301Ж
КТ315А–КТ315Г
к1 э1 б2 к2
б1 э2
э4 б3
к4 б4 э3 к3
1ММ6.0

Рис. 10-21.

Таблица 10-33

Кремниевые транзисторы малой мощности высокочастотные структуры *n-p-n* (рис. 10-21)

Тип транзистора	Предельно допустимые эксплуатационные значения параметров		Электрические параметры						
	$U_{к.э.макс}$, В	$I_{к.макс}$, ($I_{э.макс}$), мА	$h_{21э}$ (при $U_{к.э}$, В; $I_к$, мА)	$f_т$ не менее, МГц (при $U_{к.э}$, В; $I_к$, мА)	$I_{к0}$ * не более, мкА	$C_к$ * не более, пФ	$r'_б C_к$ не более, пс	$U_{к.н}$ ** не более, В	$U_{б.н}$ *** не более, В
Диффузионные									
КТ301	20	(10)	20—60 (10; 3)	30 (10; 3)	40	10	2 000	3	2,5
КТ301А	20	(10)	40—120 (10; 3)	30 (10; 3)	40	10	2 000	3	2,5
КТ301Б	30	(10)	10—32 (10; 3)	30 (10; 3)	40	10	4 500	3	2,5
КТ301В	30	(10)	20—60 (10; 3)	30 (10; 3)	40	10	4 500	3	2,5
КТ301Г	20	(10)	10—32 (10; 3)	60 (10; 3)	40	10	2 000	3	2,5
КТ301Д	20	(10)	20—60 (10; 3)	60 (10; 3)	40	10	2 000	3	2,5
КТ301Е	20	(10)	40—120 (10; 3)	60 (10; 3)	40	10	2 000	3	2,5
КТ301Ж	20	(10)	80—300 (10; 3)	60 (10; 3)	40	10	2 000	3	2,5
Планарные									
КТ306А	10	30	20—60 (1; 10)	300 (5; 10)	0,5	5	—	0,3	1,0
КТ306Б	10	30	40—120 (1; 10)	500 (5; 10)	0,5	5	—	0,3	1,0
КТ306В	10	30	20—100 (1; 10)	300 (5; 10)	0,5	5	500	0,3	1,0
КТ306Г	10	30	40—200 (1; 10)	500 (5; 10)	0,5	5	500	0,3	1,0
КТ306Д	10	30	30—150 (1; 10)	200 (5; 10)	0,5	5	300	0,3	1,0
Планарные (бескорпусные для гибридных микросхем)									
КТ307А	10	20	≥ 20 (1; 10)	250 (2; 5)	0,5	6	—	0,4	1,1
КТ307Б	10	20	≥ 40 (1; 10)	250 (2; 5)	0,5	6	—	0,4	1,1
КТ307В	10	20	≥ 40 (1; 10)	250 (2; 5)	0,5	6	—	0,4	1,1
КТ307Г	10	20	≥ 80 (1; 10)	250 (2; 5)	0,5	6	—	0,4	1,1
Планарные									
КТ312А	15	30	10—100 (2; 20)	120 (10; 5)	10	5	500	0,8	1,1
КТ312Б	30	30	25—100 (2; 20)	180 (10; 5)	10	5	500	0,8	1,1
КТ312В	15	30	50—280 (2; 20)	180 (10; 5)	10	5	500	0,8	1,1
Кремниевые планарные (в пластмассовом корпусе)									
КТ315А	25	100	20—90 (10; 1)	380 (10; 5)	1,0	7	300	0,4	1,0
КТ315Б	20	100	50—350 (10; 1)	380 (10; 5)	1,0	7	500	0,4	1,0
КТ315В	40	100	20—90 (10; 1)	380 (10; 5)	1,0	7	500	0,4	1,0
КТ315Г	35	100	50—350 (10; 1)	380 (10; 5)	1,0	7	500	0,4	1,0
КТ315Д	40	100	20—90 (10; 1)	380 (10; 5)	1,0	7	1 000	1,0	1,5
КТ315Е	35	100	50—350 (10; 1)	380 (10; 5)	1,0	7	1 000	1,0	1,5
1ММ6.0	7	10	≥ 20 (10, 1)	300 (2; 5)	2	7	—	—	—
Планарно-эпитаксиальные									
КТ316А	10	30	20—60 (1; 10)	600 (5; 10)	0,5	3	—	0,4	1,1
КТ316Б	10	30	40—120 (1; 10)	800 (5; 10)	0,5	3	—	0,4	1,1
КТ316В	10	30	40—120 (1; 10)	800 (5; 10)	0,5	3	—	0,4	1,1
КТ316Г	10	30	20—120 (1; 10)	800 (5; 10)	0,5	3	150	0,4	1,1
КТ316Д	10	30	60—300 (1; 10)	800 (5; 10)	0,5	3	150	0,4	1,1
КТ325А	10	30	20—60 (5; 10)	800 (5; 10)	0,5	2,5	125	—	—
КТ325Б	10	30	20—60 (5; 10)	600 (5; 10)	0,5	2,5	125	—	—
КТ325В	10	30	50—150 (5; 10)	800 (5; 10)	0,5	2,5	125	—	—
КТ325Г	10	30	50—150 (5; 10)	600 (5; 10)	0,5	2,5	125	—	—
КТ325Д	10	30	≥ 60 (5; 10)	800 (5; 10)	0,5	2,5	125	—	—

* Для транзисторов КТ307А—КТ307Д и КТ315А—КТ315Г и КТ316А—КТ316Д при $U_{к.б} = 10$ В; для транзисторов КТ307А—КТ307Д и КТ316А—КТ316Д при $U_{к.б} = 15$ В; для транзисторов КТ301—КТ301Ж и КТ312А—КТ312В при $U_{к.б} = U_{к.э.макс}$.

** Для транзисторов КТ301—КТ301Ж, КТ312А—КТ312В при $U_{к.б} = 10$ В, $f = 5$ МГц; для транзисторов КТ307А—КТ307Г при $U_{к.б} = 1$ В, $f = 10$ МГц, для КТ306А—КТ306Д, КТ325А—КТ325Д, 1ММ6.0 $U_{к.б} = 5$ В, $f = 10$ МГц.

*** Значения соответствуют: для транзисторов КТ301А—КТ301Ж, КТ306А—КТ306Д, КТ316А—КТ316Д $I_к = 10$ мА, $I_б = 1$ мА; для КТ307А—КТ307Г, КТ312А—КТ312В, КТ315А—КТ315Д $I_к = 20$ мА, $I_б = 2$ мА.

Таблица 10-34

Германиевые транзисторы средней мощности среднечастотные сплавные структуры *p-n-p* (рис. 10-22)

Тип транзистора	Предельно допустимые эксплуатационные значения параметров			Электрические параметры					
	$U_{к.э.макс}$, В	$U_{к.б.макс}$, В	$I_{к.макс}$, А	$h_{21Э}$ [1]	$f_{h21э}$ не менее [2], кГц	$I_{к0}$ не более [3], мкА	$h_{22б}$ не более [3], мкСм	$U_{б.н}$ не более [4], В	$U_{к.н}$ не более [5], В
ГТ402А	25	—	0,5	30—80	15	25	—	—	—
ГТ402Б	25	—	0,5	60—150	15	25	—	—	—
ГТ403А	30	45	1,25	20—60	8	50	50	0,8	0,5
ГТ403Б	30	45	1,25	50—150	8	50	50	0,65	0,5
ГТ403В	60	60	1,25	20—60	8	50	50	0,8	0,5
ГТ403Г	60	60	1,25	50—150	6	50	50	0,8	0,5
ГТ403Д	60	60	1,25	50—150	6	50	50	0,8	0,5
ГТ403Е	60	60	1,25	30	8	50	50	0,8	0,5
ГТ403Ж	45	80	1,25	20—60	8	70	50	0,8	0,5
ГТ403И	45	80	1,25	50—100	8	70	50	0,8	0,5
ГТ404А	25	—	0,5	30—80	15	25	—	—	—
ГТ404Б	25	—	0,5	60—150	15	25	—	—	—
ГТ404В	40	—	0,5	30—80	15	25	—	—	—
ГТ404Г	40	—	0,5	60—150	15	25	—	—	—

[1] Для транзисторов ГТ402А, Б, для ГТ404А – ГТ404В при $U_{к.э} = 1$ В, $I_к = 3$ мА, для ГТ403А—ГТ403И при $U_{к.э} = 5$ В, $I_к = 100$ мА.

[2] Для транзисторов ГТ402А, Б, ГТ404А—ГТ404В при $U_{к.б} = 10$ В, для ГТ403А—ГТ403И при $U_{к.б} = U_{к.б.макс}$.

[3] Для транзисторов ГТ403А—ГТ403Е при $U_{к.б} = 60$ В, $I_к = 0$, для ГТ403Ж, ГТ403И при $U_{к.б} = 100$ В.

[4] Измеряется при $I_к = 450$ мА.

[5] Измеряется при $I_к = 500$ мА, $I_б = 50$ мА.

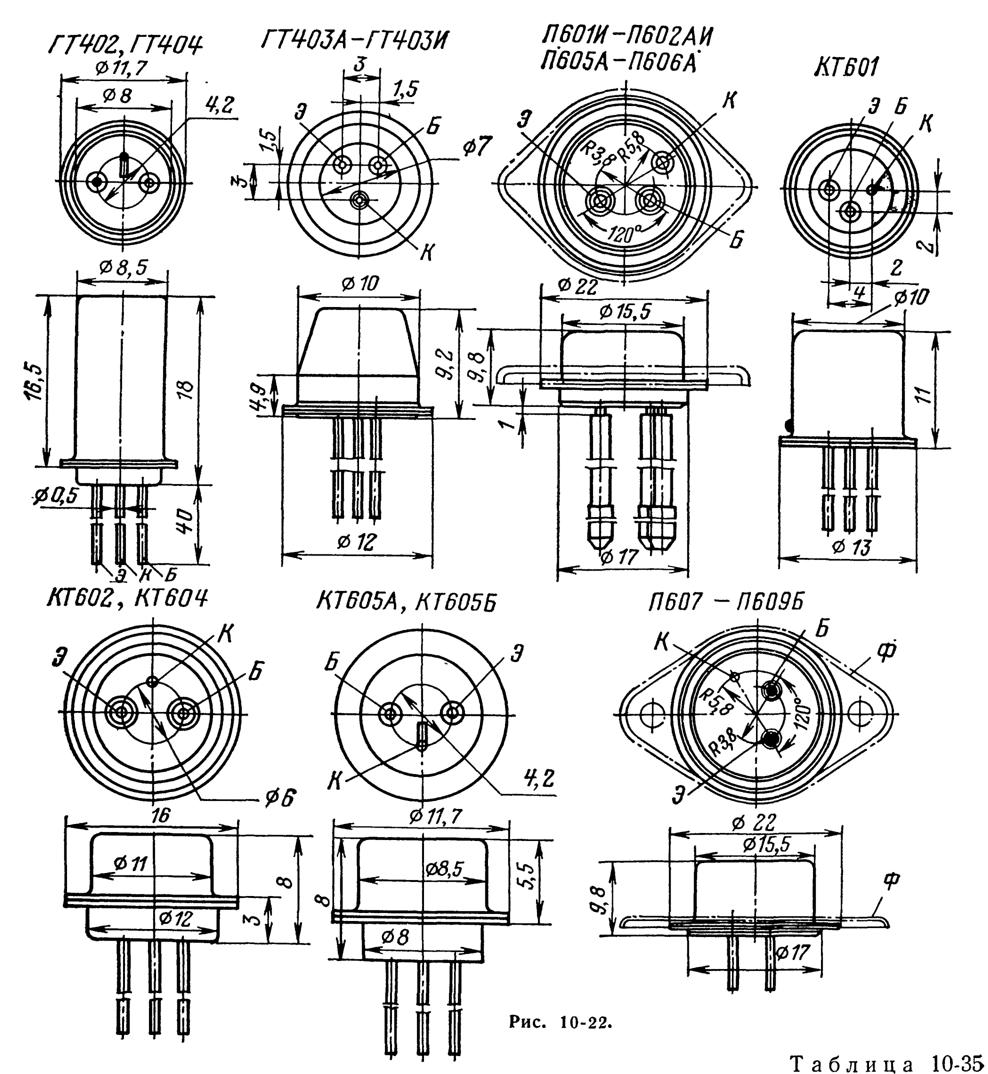


Рис. 10-22.

Таблица 10-35

Германиевые конверсионные транзисторы средней мощности среднечастотные[1] (рис. 10-22)

Тип транзистора	$U_{к. э. макс}$, В	$h_{21Э}$ (при $U_{к. э}$, В $I_к$, А)	$I_{к0}$ не более, мА (при $U_{к. б}$, В)	$C_к$ не более[2], пФ	$r'_б C_к$ не более[3], пс	$\tau_{расс}$ не более[4], мкс
П601И	25	$\geqslant$20 (3; 0,5)	0,2 (10)	170	750	6
П601АИ	30	40—100 (3; 0,5)	0,1 (10)	170	750	4
П601БИ	30	80—200 (3; 0,5)	0,13 (10)	170	750	5
П602И	30	40—100 (3; 0,5)	0,1 (10)	170	750	4
П602АИ	25	80—200 (3; 0,5)	0,13 (10)	170	750	5
П605	40	20—60 (35; 0,5)	2,0 (45)	130	500	3
П605А	25	40—120 (35; 0,5)	2,0 (45)	130	500	4
П606	40	20—60 (35; 0,5)	2,0 (35)	130	500	3
П606А	25	40—120 (35; 0,5)	2,0 (35)	130	500	4

[1] Для транзисторов всех типов: $I_{к. имп. макс} = 1,5$ А; $I_{б. имп. макс} = 0,5$ А; $U_{к. н} \leqslant 2$ В при $I_к = 0,5$ А и $U_{к. э} = 3$ В.

[2] При $U_{к. б} = 20$ В.

[3] При $U_{к. б} = 20$ В и $I_к = 50$ мА.

[4] Измеряется в режиме $I_к = 0,5$ А, $U_{к. э} = 20$ В.

Таблица 10-36

Транзисторы средней мощности высокочастотные (рис. 10-22)

Тип транзистора	Предельно допустимые эксплуатационные значения параметров [1]			$h_{21Э}$ (при $U_{к.э}$, В; $I_к$, мА)	$f_т$ не менее, Мгц	$I_{к0}$ не более [2], мА	$r'_б C_к$ не более, пс (при $U_{к.б}$, В; $I_э$, мА)	$C_к$ не более [3], пФ	$I_{к.н}$ не более [4], мА
	$U_{к.э.макс}$, В	$U_{к.б.макс}$, В	$I_{к.макс}$, А						
Германиевые конверсионные структуры p-n-p [5]									
П607	25	30	0,3; **0,6**	20—80 (3; 250)	60	0,3	500 (10; 100)	50	0,5
П607А	25	30	0,3; **0,6**	60—200 (3; 250)	60	0,3	500 (10; 100)	50	0,5
П608	25	30	0,3; **0,6**	40—120 (3; 250)	90	0,3	500 (10; 100)	50	0,5
П608А	25	30	0,3; **0,6**	80—240 (3; 250)	90	0,3	500 (10; 100)	50	0,5
П608Б	25	30	0,3; **0,6**	40—120 (3; 250)	90	0,5	500 (10; 100)	50	0,5
П609	25	30	0,3; **0,6**	40—120 (3; 250)	120	0,3	500 (10; 100)	50	0,5
П609А	25	30	0,3; **0,6**	80—240 (3; 250)	120	0,3	500 (10; 100)	50	0,5
Кремниевый планарный структуры n-p-n									
КТ601	100	100	0,03	⩾16 (20; 10)	40	0,05	600 (50; 6)	15	0,5
Кремниевые меза-планарные структуры n-p-n									
КТ602А		100	**0,5**	20—80 (10; 10)	230	0,07	300 (10; 10)	4	0,1
КТ602Б		100	**0,5**	⩾50 (10; 10)	230	0,07	300 (10; 10)	4	0,1
КТ605А		250	0,2	10—40 (40; 20)	120	0,2	250 (20; 20)	7	0,05
КТ605Б		250	0,2	30—120 (40; 20)	120	0,2	250 (20; 20)	7	0,05
Кремниевые планарные структуры n-p-n									
КТ604А	250	250	0,2	10—40 (40; 20)	120	—	250 (20; 20)	7	0,05
КТ604Б	250	250	0,2	30—120 (40; 20)	120	—	250 (20; 20)	7	0,05
Кремниевые эпитаксиально-планарные структуры n-p-n									
КТ603А	30	30	0,3	10—80 (2; 150)	200	0,01	400 (10; 30)	15	—
КТ603Б	30	30	0,3	⩾60 (2; 150)	200	0,01	400 (10; 30)	15	—
КТ603В	15	15	0,3	10—80 (2; 150)	200	0,005	400 (10; 30)	15	—
КТ603Г	15	15	0,3	⩾60 (2; 150)	200	0,005	400 (10; 30)	15	—
КТ603Д	10	10	0,3	20—80 (2; 150)	200	0,001			
КТ603Е	10	10	0,3	60—200 (2; 150)	200	0,001			
КТ606А	60	60	0,4	—	350	—	10 (10; 30)	10	1,5
КТ608А	60	60	0,4	20—80 (2; 200)	200	0,01	—	15	—

[1] Жирным шрифтом даны допустимые значения тока коллектора в импульсе и в режиме переключения при насыщении.

[2] При $U_{к.б} = U_{к.б.макс}$.

[3] Измеряется на частоте 5 МГц; для транзисторов П607—П609А при $U_{к.б} = 10$ В, для КТ601 при $U_{к.б} = 20$ В, для КТ602А,Б при $U_{к.б} = 50$ В, для КТ604А, КТ604Б и КТ605А, КТ605Б при $U_{к.б} = 40$ В для КТ603А—КТ603Е и КТ608А при $U_{к.б} = 10$ В, КТ606А при $U_{к.б} = 28$ В.

[4] При $U_{к.э} = U_{к.э.макс}$.

[5] Для транзисторов П607—П609А $U_{б.н} \leqslant 0{,}6$ В при $I_{к.макс}$; $U_{к.н} \leqslant 2$ В при $I_к = 0{,}2$ А; $\tau_{расс} \leqslant 3$ мкс при $I_к = 0{,}2$ А, $\tau_{имп} = 5 \div 10$ мкс, $f = 1$ МГц.

Таблица 10-37

Транзисторы большой мощности низкочастотные сплавные структуры *p-n-p* (рис. 10-23)

Тип транзистора	Предельно допустимые эксплуатационные значения параметров				Электрические параметры					
	$U_{к.э.макс}$, В	$U_{к.б.макс}$, В	$I_{к.макс}$, А	$I_{б.макс}$, А	$h_{21э}$, $B^*_{ст}$ (при $U_{к.э}$, В; $I_э$, мА)	$h_{22б}$ не более, (при $U_{к.б}$, В)	$f_{h21б}$ не менее, кГц (при $I_к$, А; $U_к$, В)	$I_{к0}$ не более, мА (при $U_{к.б}$, В)	$U_{б.э}$ не более, В (при $I_к$, А)	$U_{к.н}$ не более, В (при $I_к$, $I_б$, А)
Германиевые										
ГТ701А	55; 100 (имп.)	—	12	—	≥ 10 * (2; 5)	5	50 (0,1; 20)	6 (60)	—	
П4АЭ	50	60	5	1,2	≥ 5 * (10; 2)	—	150	0,5 (10)	—	—
П4БЭ	60	70	5	1,2	15—40 (10; 2)	—	150	0,4 (10)	—	0,5 (2; 0,3)
П4ВЭ	35	40	5	1,2	≥ 10 (10; 2)	—	150	0,4 (10)	—	0,5 (2; 0,3)
П4ГЭ	50	60	5	1,2	15—30 (10; 2)	—	150	0,4 (10)	—	0,5 (2; 0,3)
П4ДЭ	50	60	5	1,2	≥ 30 (10; 2)	—	150	0,4 (10)	—	0,5 (2; 0,3)
П201Э	10	—	1,5	—	≥ 20 (10; 0,2)	—	100 (0,2; 10)	0,4 (10)	—	0,5 (2; 0,3)
П201АЭ	10	—	1,5	—	≥ 40 (10; 0,2)	—	200 (0,2; 10)	0,4 (10)	—	0,5 (2; 0,3)
П202Э	15	—	1,5	—	≥ 20 (10; 0,2)	—	100 (0,2; 10)	0,4 (10)	—	0,5 (2; 0,3)
П203Э	15	—	1,5	—	S=1,2÷1,8 А/В	—	200 (0,2; 10)	0,4 (10)	—	0,5 (2; 0,3)
П210Б	40	65	12	—	≥ 10 * (2; 5)	—	100 (0,1; 20)	15 (35)	—	—
П210В	40	45	12	—	≥ 10 * (2; 5)	—	100 (0,1; 20)	15 (45)	—	—
П213	30	45	5	0,5	20—50 (5; 0,2)	1 000 (60)	—	0,15 (45)	0,75 (2,5)	0,5
П213А	30	45	5	0,5	≥ 20 (5; 0,2)	500 (60)	—	1,0 (45)	—	—
П213Б	30	45	5	0,5	≥ 40 (5; 0,2)	500 (60)	—	1,0 (45)	—	2,5 (2; 0,3)
П214	45	60	5	0,5	20—50 (5; 0,2)	150 (80)	—	0,3 (60)	1,2 (2,5)	0,9
П214А	45	60	5	0,5	50—150 (5; 0,2)	150 (80)	—	0,3 (60)	1,2 (2,5)	0,9
П214Б	45	60	5	0,5	20—150 (5; 0,2)	150 (80)	—	0,15 (60)	0,9 (2,5)	0,9
П214В	55	60	5	0,5	≥ 20 (5; 0,2)	1 000 (80)	—	1,15 (60)	—	2,5 (2; 0,3)
П214Г	55	60	5	0,5	$S_{ст}$= (1,4÷2,1)	1 000 (80)	—	1,5 (60)	—	2,5 (2; 0,3)
П215	60	80	5	0,5	20—150 (5; 0,2)	150 (100)	—	0,3 (80)	1,2 (2,5)	—
П216Б	30	—	7,5	0,75	≥ 10 (3; 2)	1 000 (30)	—	1,5 (30)	—	0,5
П216В	35	—	7,5	0,75	≥ 30 (3; 2)	1 000 (35)	—	2,0 (35)	—	—
П216Г	50	—	7,5	0,75	≥ 5 (3; 2)	1 000 (50)	—	2,5 (50)	—	0,5 (2; 0,3)
П216Д	50	—	7,5	0,75	15—30 (3; 2)	1 000 (50)	—	2,0 (50)	—	0,5 (2; 0,3)
П217В	60	—	7,5	0,75	15—40 (3; 2)	1 000 (60)	—	3,0 (60)	—	0,5 (2; 0,3)
П217Г	60	—	7,5	0,75	15—40 (3; 2)	1 000 (60)	—	3,0 (60)	—	—
Кремниевые										
П302	35 [1]	35	0,5	0,2	≥ 10 (10; 0,12)	—	200 (20; 0,12)	0,1 (35)	—	—
П303	60 [1]	60	0,5	0,2	≥ 6 (10; 0,12)	—	100 (20; 0,12)	0,1 (60)	—	3 (0,15; 0,05)
П303А	60 [1]	60	0,5	0,2	≥ 6 (10; 0,12)	—	100 (20; 0,12)	0,1 (60)	—	3 (0,15; 0,05)
П304	80 [1]	80	0,5	0,2	≥ 5 (10; 0,06)	—	50 (20; 0,12)	0,1 (60)	—	—
П306	60	—	0,4	—	7—30 (10; 0,1)	—	50 (20; 0,1)	—	—	—
П306А	80	—	0,4	—	5—50 (10; 0,05)	—	50 (20; 0,12)	—	—	—

[1] При сопротивлении в цепи базы не более 100 Ом.

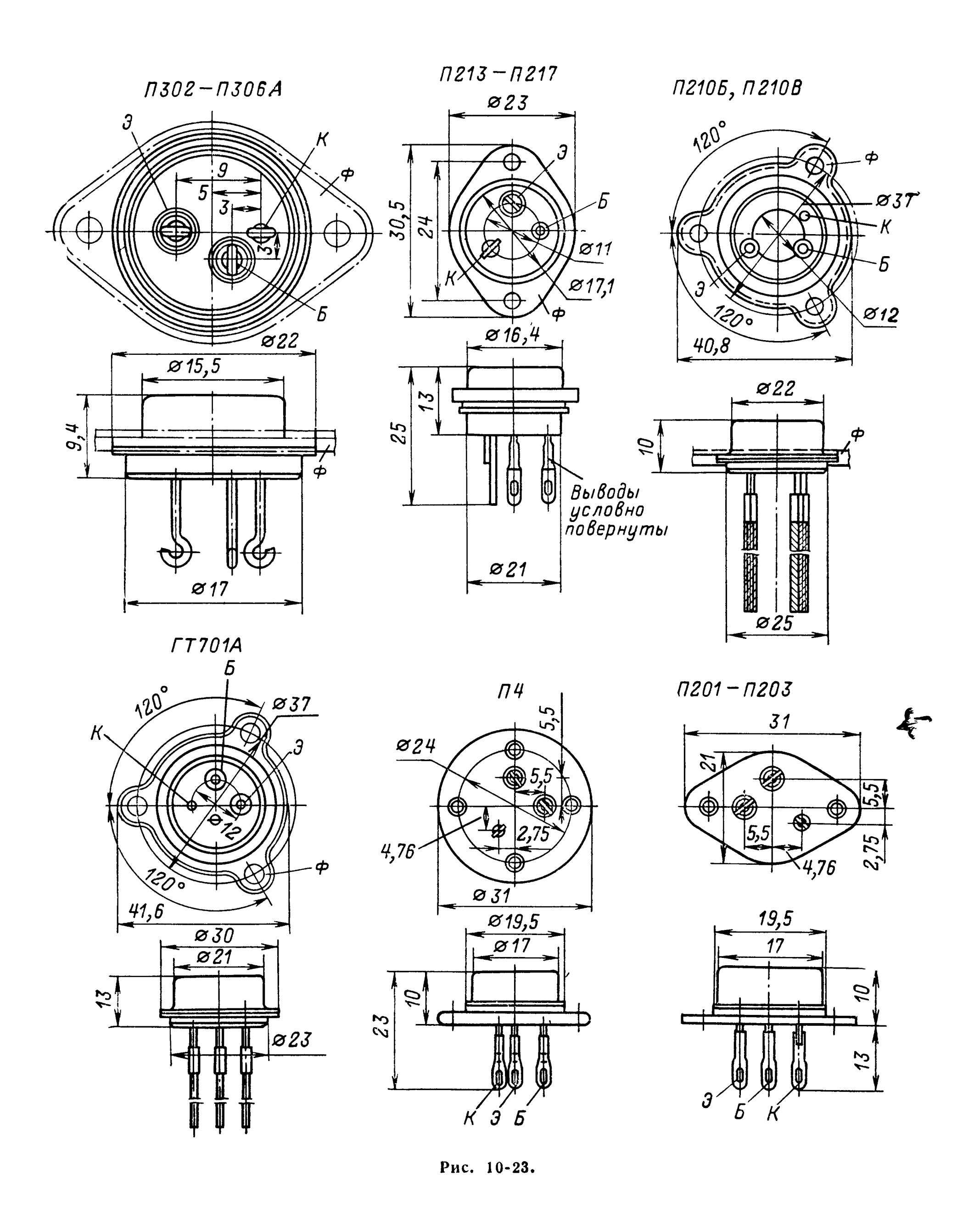

П302–П306А
П213–П217
П210Б, П210В
ГТ701А
П4
П201–П203
Выводы условно повернуты

Рис. 10-23.

Таблица 10-38

Транзисторы большой мощности среднечастотные и высокочастотные (рис. 10-24)

Тип транзистора	Предельно допустимые эксплуатационные значения параметров *			Электрические параметры				
	$U_{к.э.макс}$, В	$I_{к.макс}$, А	$I_{б.макс}$, А	$h_{21Э}$, (при $U_{к.э}$, В; $I_э$, А)	$f_{h21б}$ ($f_т$) не менее, МГц	$I_{к0}$, мА (при $U_{к.б}$, В)	$I_{к.н}$ не более, мА (при $U_{к.э}$, В)	$U_{к.н}$ не более, В (при $I_к$, $I_б$, А)
Германиевые сплавно-диффузионные структуры p-n-p **								
ГТ804А	45	10	2	20—150 (10; 5)	10	0,4—10 (120)	12 (120)	—
ГТ804Б	55	10	2	20—150 (10; 5)	10	0,5—8 (160)	12 (160)	—
ГТ804В	75	10	2	20—150 (10; 5)	10	1,0—5 (210)	12 (210)	—
Кремниевые сплавные структуры n-p-n ***								
КТ801А	80	2,0	0,4	13—50 (5; 1)	15	—	20 (80)	2,0 (1; 0,2)
КТ801Б	60	2,0	0,4	20—100 (5; 1)	15	—	20 (80)	2,0 (1; 0,2)
П701	40	0,5	—	10—40 (10; 0,5)	20	≤ 0,1 (40)	0,5 (50)	—
П701А	60	0,5	—	15—60 (10; 0,2)	20	≤ 0,1 (60)	0,5 (70)	—
П701Б	35	0,5	—	30—100 (10; 0,2)	20	≤ 0,1 (35)	0,5 (40)	—
Кремниевый меза-планарный структуры n-p-n **								
КТ802А	**130**	5	1	15—35 (10; 2)	15	60 (150)	14 (130)	5,0 (5; 0,5)
Кремниевые диффузионные структуры n-p-n **								
КТ805А	**160**	5; **8**	2; **2,5**	≥ 15 (10; 2)	30	—	60 (150)	2,5 (5; 0,5)
КТ805Б	**135**	5; **8**	2; **2,5**	≥ 15 (10; 2)	30	—	60 (135)	5,0 (5; 0,5)
Кремниевые диффузионные меза-планарные структуры n-p-n								
КТ903А	60; **80**	3; **10**	—	15—70 (10; 2)	(120)	—	10 (70)	2,5 (2; 0,4)
КТ903Б	60; **80**	3; **10**	—	40—180 (10; 2)	(120)	—	10 (70)	2,5 (2; 0,4)
Кремниевые структуры n-p-n								
КТ904А	60	0,8	0,2	—	(350)	—	1,5 (60)	—
КТ904Б	60	0,8	0,2	—	(300)	—	1,5 (60)	—
КТ907А	60	1,0	0,4	—	(350)	—	3 (60)	—
КТ907Б	60	1,0	0,4	—	(300)	—	3 (60)	—

* Жирным шрифтом указаны допустимые импульсные значения.
** Основное применение — выходные каскады строчной развертки телевизоров.
*** Основные применения — схемы кадровой развертки и предоконечные каскады строчной развертки телевизоров.

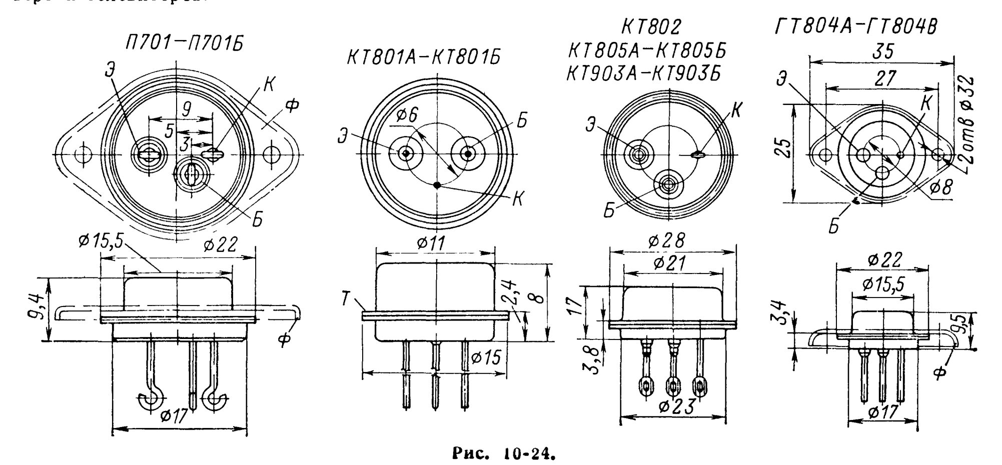


Рис. 10-24.

10-6. РЕЗИСТОРЫ

Параметры резисторов

Номинальная мощность рассеяния $P_{макс}$ — максимальная мощность, которую резистор может длительное время рассеивать

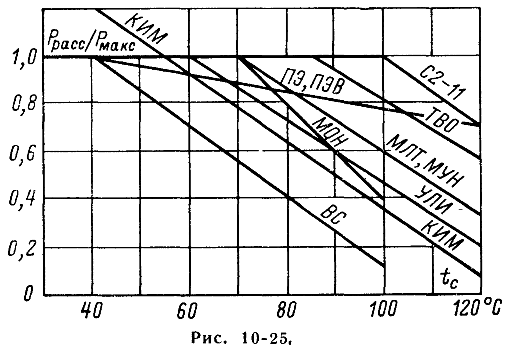


Рис. 10-25.

без недопустимо большого перегрева и необратимого изменения сопротивления при условии, что температура окружающей среды не превышает указанную в примечаниях к приводимым табл. 10-40—10-44. Для более высоких температур допустимую мощность рассеяния определяют с помощью графика на рис. 10-25.

Значение $P_{макс}$ в ваттах указывает число, входящее в обозначение типа резистора. Например, для резистора ВС-0,25 $P_{макс} = 0{,}25$ Вт и для резистора ПЭВ-10 — 10 Вт.

Максимально допустимое напряжение. Максимальную величину постоянного напряжения или действующее значение переменного напряжения U, которое допустимо прикладывать к резистору с сопротивлением $R_{ном}$ [Ом], можно вычислить по формуле

$$U = \sqrt{R_{ном} P_{расс}},$$

где $P_{расс}$ определяется согласно табл. 10-40—10-43 и рис. 10-25. Вместе с тем напряжения на непроволочных резисторах не должны превышать величин $U_{макс}$, указанных в табл. 10-40—10-42.

Зависимость между падением напряжения на резисторе, током через резистор и номинальными мощностями резисторов широкого применения выражают графики на рис. 10-26.

Примеры пользования графиками. 1. Определить минимально необходимую мощность рассеяния резистора сопротивлением 15 кОм, который нужно подключить к источнику тока с напряжением 100 В.

Вертикальная линия, проведенная от деления *15 кОм* шкалы *Омы — килоомы*, пересекает горизонтальную линию, проведенную от деления *100 В* шкалы *Вольты*, в точке, расположенной между соответствующими этой шкале наклонными линиями, обозначенными *0,5* и *1Вт*. Следовательно, нужно применить резистор ВС-1 или МЛТ-1.

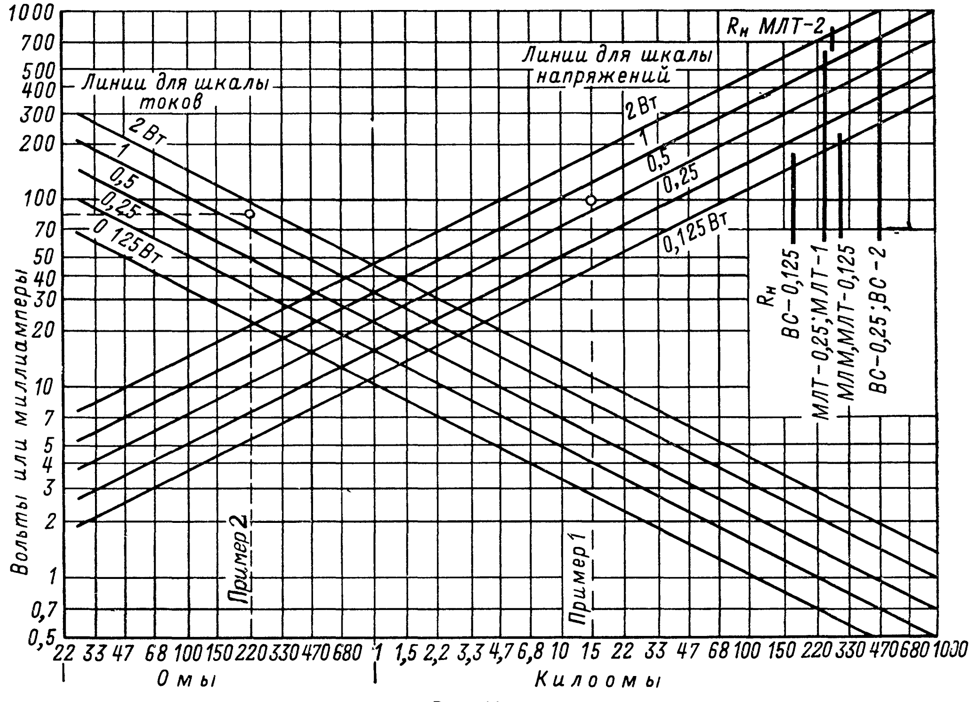


Рис. 10-26.

2. Определить минимально необходимую мощность рассеяния резистора сопротивлением 220 Ом, через который должен будет проходить ток величиной 80 мА.

Так как задан ток, пользуемся линиями для шкалы токов. Вертикальная линия, проведенная от деления *220 Ом*, пересекает горизонтальную линию, проведенную от деления *80 мА* шкалы *Миллиамперы*, в точке между наклонными линиями с обозначениями *1* и *2Вт*. Следовательно, нужно применить резистор ВС-2 или МЛТ-2.

Температурный коэффициент сопротивления (ТКС) — величина, характеризующая

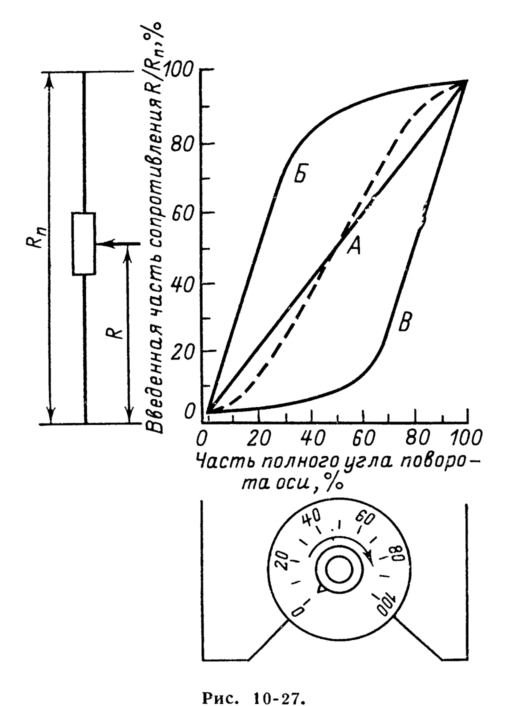


Рис. 10-27.

относительное изменение сопротивления резистора при изменении температуры на 1 °С. Если при увеличении температуры сопротивление увеличивается, а при уменьшении уменьшается, ТКС резистора положительный; если же при увеличении температуры сопротивление уменьшается, а при уменьшении увеличивается, ТКС отрицательный и перед его численным значением ставят знак минус. Непроволочные постоянные резисторы широкого применения имеют ТКС 0,03—0,12%/°С, а резисторы повышенной точности (БЛП, МГП и С2-15) не более 0,01—0,02%/°С. При этом ТКС углеродистых резисторов, как правило, отрицательный.

Функциональная характеристика переменного резистора — закономерность изменения сопротивления между выводом, соединенным с подвижной контактной щеткой, и одним из крайних выводов резистора от угла поворота его оси (ротора). Непроволочные переменные резисторы изготавливают:

с функциональной характеристикой вида А (рис. 10-27) — изменение сопротивления между выводом контактной щетки и любым из крайних выводов в пределах большей части полного угла поворота оси прямо пропорционально углу поворота (линейная функциональная характеристика);

с функциональной характеристикой вида Б — изменение сопротивления между выводом от контактной щетки и правым выводом (вид со стороны монтажа) приблизительно пропорционально логарифму угла поворота оси;

с функциональной характеристикой вида В — сопротивление между выводом от контактной щетки и правым выводом находится примерно в обратно логарифмической (показательной) зависимости от угла поворота оси.

Для регулирования тембра в радиолах высшего и первого классов выпускаются непроволочные резисторы (например, СП3-12), сопротивление которых в средней части угла поворота оси изменяется линейно, в начале — по обратно логарифмическому, а в конце — по логарифмическому закону (штриховая линия на рис. 10-28)

Маркировка параметров резисторов

Номинальные мощности рассеяния маркируются на резисторах, имеющих достаточно большие габариты. На резисторах малых размеров мощность не обозначается; ее можно определить по размерам резисторов с помощью табл. 10-39 и 10-41.

Номинальные сопротивления маркируют на резисторах больших размеров полностью с применением общепринятых сокращенных обозначений единиц измерения, а на малогабаритных резисторах с использованием следующего кода:

1) единица измерения Ом обозначается буквой Е, килоом — К, мегом — М, гигаом — Г и тераом — Т;

2) сопротивления от 100 до 910 Ом выражают в долях килоома, а сопротивления от 100 тыс. до 910 тыс. Ом — в долях мегома;

3) если номинальное сопротивление выражается целым числом, то обозначение единицы измерения ставят после этого числа. Например, сопротивление 27 Ом обозначается 27Е, а 27 кОм — 27К;

4) когда номинальное сопротивление выражается десятичной дробью меньше единицы, то нуль целых и запятая из маркировки исключаются, а буквенное обозначение единицы измерения располагается перед числом. Например, величина 270 Ом = 0,27 кОм обозначается К27, а величина 270 кОм = 0,27 МОм обозначается М27;

5) если номинальное сопротивление выражается целым числом с десятичной дробью, то целое число ставится впереди, а десятичная дробь после буквы, обозначающей единицу измерения (буква заменяет запятую). Например, величины 2,7 кОм и 2,7 МОм обозначаются соответственно 2К7 и 2М7.

Таблица 10-39

Кодирование допустимых отклонений от номинальных сопротивлений резисторов и емкостей конденсаторов

Допуск, %	Код	Допуск, %	Код	Допуск, %	Код
+100 −10	Ю	+50 −10	Э	±2	Л
+100	Я	±30	Ф	±1	Р
+80 −20	А	±20	В	±0,5	Д
		±10	С	±0,2	У
+50 −20	Б	±5	И	±0,1	Ж

Примечание На конденсаторах с $C_{ном}<10$ пФ допустимое отклонение ±0,4 пФ кодируется буквой Х.

На малогабаритных резисторах некоторых старых типов буквы К и М располагают после номинального сопротивления, а величину эту пишут по общим арифметическим правилам (например, 2,7К, 27К, 270К); обозначение единицы измерения Ом на этих резисторах не ставят.

Допустимое отклонение от номинального сопротивления постоянного резистора маркируется одним из следующих способов:

1) если номинальное сопротивление маркировано с применением описанного кода, то вслед за ним обозначается допустимое отклонение согласно табл. 10-39;

2) допуск указывается в процентах после обозначения номинального значения сопротивления;

На переменных и подстроечных непроволочных резисторах широкого применения допустимое отклонение не маркируется; такие резисторы с номинальными сопротивлениями до 220 кОм изготавливают с допуском ±20%, а с большими номинальными сопротивлениями — с допуском ±30%. Буква А, Б или В после обозначения номинального сопротивления переменного резистора указывает вид его функциональной характеристики.

Постоянные непроволочные резисторы

Пленочный постоянный резистор (рис. 10-28, табл. 10-39 и 10-40) — цилиндрический керамический стержень (или керами-

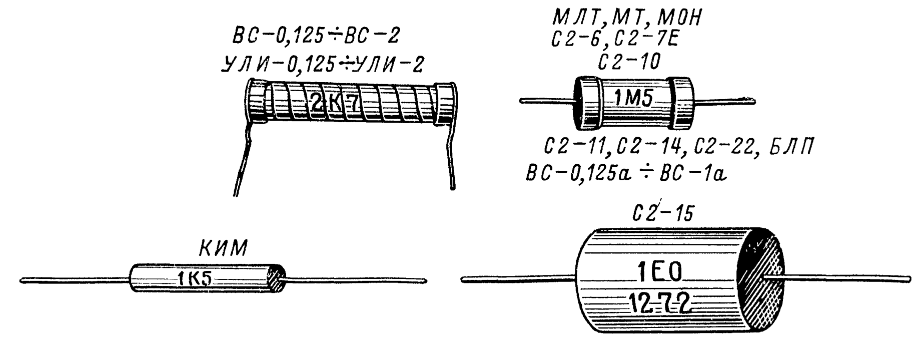


Рис. 10-28.

3) допустимое отклонение ±5% маркируется римской цифрой I (первый класс точности), а допустимое отклонение ±10% — цифрой II (второй класс точности);

4) отсутствие допуска в маркировке постоянного резистора свидетельствует о том, что отклонение от номинального сопротивления может быть в пределах до ±20% (для резисторов УЛИ ±3%).

ческая трубка), на поверхность которого нанесен тонкий слой материала с малой электропроводностью: углерод (иногда с примесью бора), специальный металлический сплав или окись олова. На концы стержня (трубки) напрессованы латунные хомутики или колпачки с ленточными или круглыми проволочными контактными выводами. Стержень (трубка) вместе с хомутиками или колпачками покрыт

влагостойкой эмалью (у металлопленочных резисторов МУН покрытия нет).

Токопроводящий элемент резисторов типа КИМ — композиция (сложная смесь), основной частью которой является углерод, нанесенный на поверхность стеклянного стержня. Последний опрессован пластмассой.

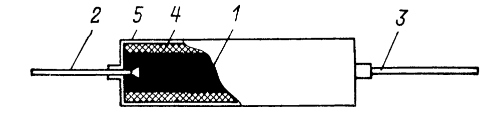


Рис. 10-29.

Непроволочный объемный постоянный резистор. Токопроводящий элемент в виде стержня *1*, изготовленного из сажи, корундового порошка и стеклоэмали (связующее вещество), заключен в оболочку *4* прямоугольного сечения из стеклокерамики (изолятор), покрытую слоем эмали *5* (рис. 10-29, табл. 10-42). Проволочные выводы *2* и *3* впрессованы в торцы стержня.

Проволочные эмалированные резисторы

Проволочный эмалированный резистор представляет собой цилиндрическую керамическую трубку *1* (рис. 10-30), на которую намотана проволока с высоким удельным сопротивлением (константан или нихром) и оксидированной поверхностью (табл. 10-43). Обмотка покрыта теплостойкой неорганической стеклоэмалью *2*, которая изолирует друг от друга витки обмотки и защищает ее от влаги, загрязнений и механических повреждений. Выводы резисторов ПЭ — гибкие жгуты *3* из тонких медных проволок, резисторов ПЭВ — латунные пластинки *4*, резисторов ПЭВТ — пластинки из нержавеющей стали.

Регулируемый резистор ПЭВР отличается от резистора ПЭВ наличием хомутика *5*, охватывающего тело резистора и могущего передвигаться вдоль него с целью изменения сопротивления. Для осуществления контакта хомутика с витками провода вдоль корпуса резистора имеется очищенная от стеклоэмали дорожка *6*.

Таблица 10-40

Постоянные пленочные резисторы

Тип резистора *	$D \times l$ не более, мм	$R_{ном}$	$U_{макс}$, В
Углеродистые			
ВС-0,125	2,5×7	100 Ом—1 МОм	150
ВС-0,25	5,5×17	27 Ом—2 МОм	350
ВС-0,5	5,5×27	27 Ом—10 МОм	500
ВС-1	7,6×30	27 Ом—10 МОм	700
ВС-2	10×48	27 Ом—10 МОм	1000
ВС-5	25×75	47 Ом—10 МОм	1500
ВС-10	30×120	47 Ом—10 МОм	3000
Композиционные			
КИМ-0,05	1,8×3,8	10 Ом—5,6 МОм	100
КИМ-0,125	2,5×8	27 Ом—1 ГОм	200
Металлооксидные			
МОН-0,5	4×10	1—100 Ом	7
МОН-1	6,5×13	1—100 Ом	10
МОН-2	8,5×18	1—100 Ом	15
С2-7Е-0,5	4×11	8,2—22 Ом	3,5
С2-7Е-1	6,5×17	8,2—22 Ом	5
С2-7Е-2	8,5×27	8,2—22 Ом	7

Тип резистора *	$D \times l$ не более, мм	$R_{ном}$	$U_{макс}$, В
Металлопленочные			
МЛТ-0,125	2×6	51 Ом—2,2 МОм	200
МЛТ-0,25	3×7	51 Ом—3 МОм	250
МЛТ-0,5	4,2×11	100 Ом—5,1 МОм	350
МЛТ-1	6,6×13	100 Ом—10 МОм	500
МЛТ-2	8,6×18	100 Ом—10 МОм	750
МТ-0,125	2×7	100 Ом—1,1 МОм	200
МТ-0,25	2,7×8	100 Ом—2 МОм	200
МТ-0,5	4,2×11	100 Ом—5,1 МОм	350
МТ-1	6,6×18	100 Ом—10 МОм	500
МТ-2	8,6×28	100 Ом—10 МОм	700
МУН-0,5	4,2×11	24—200 Ом	10
МУН-1	6,6×13	24—200 Ом	14
МУН-2	8,6×18	24—200 Ом	20
С2-6-0,125	2×7	100 Ом—1 МОм	200
С2-6-0,25	2,5×8	100 Ом—2 МОм	200
С2-6-0,5	4×11	100 Ом—5,1 МОм	350
С2-6-1	6,5×17	100 Ом—10 МОм	500
С2-6-2	8,5×27	100 Ом—10 МОм	700
С2-11-0,125	2×7	1—100 Ом	—
С2-11-0,25	2,5×8	1—100 Ом	—
С2-22-0,125	3×7	24 Ом—2,2 МОм	200
С2-22-0,25	4×11	24 Ом—5,1 МОм	300

* Число в обозначении типа резистора указывает значение $P_{макс}$ [Вт]: для ВС при $t_с \leqslant 40$ °С, для КИМ при $t_с \leqslant 55$ °С, для МЛТ, МОН при $t_с \leqslant 70$ °С, для С2-7Е при $t_с \leqslant 85$ °С, для С2-11 при $t_с \leqslant 100$ °С, для С2-6 при $t_с \leqslant 250$ °С.

Таблица 10-41

Постоянные пленочные резисторы повышенной точности

Тип резистора*	$D\times l$ не более**, мм	$R_{ном}$	$U_{макс}$, В	Тип резистора*	$D\times l$ не более**, мм	$R_{ном}$	$U_{макс}$, В
Углеродистые и бороуглеродистые				*Металлопленочные*			
УЛИ-0,125	5,4×16	1 Ом—459 кОм	200	МГП-0,5	14×30	100 кОм—5,1 МОм	400
УЛИ-0,25	7,2×16	1—9,76 Ом	1,5	С2-10-0,125	2×7	10 Ом—1 кОм	200
	5,4×26	10 Ом—1 МОм	350	С2-10-0,25	2,7×8	1 Ом—3 кОм	200
УЛИ-0,5	10×17	0,75—9,76 Ом	2,2	С2-10-0,5	3,8×10	1 Ом—3 кОм	300
	7,2×30	10 Ом—1 МОм	500	С2-10-1	6×13	1 Ом—3 кОм	320
УЛИ-1	12×26	1—9,76 Ом	3,0	С2-10-2	8×18	1 Ом—3 кОм	350
	10×47	10 Ом—1 МОм	700	С2-14-0,25	6,5×13	1 Ом—1 МОм	350
БЛП-0,1	6×16	1 Ом—100 кОм	100	С2-14-0,5	8,5×19	1 Ом—1 МОм	500
БЛП-0,25	7,5×15	1—20 Ом	2,2	С2-14-1	8,5×28	1 Ом—1 МОм	700
	6×26	20,3 Ом—100 кОм	150	С2-15-0,25	9×16	1 Ом—1 МОм	—
БЛП-0,5	10×17	1—20 Ом	3,0	С2-15-0,5	11×22	1 Ом—1 МОм	—
	7,5×30	20,3 Ом—100 кОм	220	С2-15-1	11×30	1 Ом—1 МОм	—
БЛП-1	12×25	1—20 Ом	4,5				
	10×47	20,3 Ом—100 кОм	300				

* Число в обозначении типа резистора указывает значение $P_{макс}$ [Вт]: для УЛИ при $t_с \leqslant 60$°С, для БЛП, С2-10, С2-14, С2-15 при $t_с \leqslant 70$°С и для МГП при $t_с \leqslant 55$°С.

** Резисторы БЛП имеют диаметр приблизительно на 1 мм меньше по сравнению с резисторами БЛП таких же номинальных мощностей рассеяния

Таблица 10-42

Постоянные непроволочные объемные резисторы

Тип резистора*	Размеры не более, мм	$R_{ном}$	$U_{макс}$, В	Тип резистора*	Размеры не более, мм	$R_{ном}$	$U_{макс}$, В
ТВО-0,125	8×1,4×2,5	3 Ом—100 кОм	100	ТВО-10	112×11×15	27 Ом—1 МОм	3000
ТВО-0,25	13×2,2×3,7	3 Ом—510 кОм	300	ТВО-20	112×20×26	24 Ом—100 кОм	1400
ТВО-0,5	19×2,2×3,7	10 Ом—1 МОм	400	С4-1-0,25	13,5×4×2	10 Ом—510 кОм	300
ТВО-1	30×4×5	10 Ом—1 МОм	500	С4-1-0,5	19×4×2	10 Ом—510 кОм	400
ТВО-2	37×5×6	10 Ом—1 МОм	750	С4-1-1	29×5×4	10 Ом—1 МОм	500
ТВО-5	77×10×12	27 Ом—1 МОм	1500	С4-1-2	36×6×5	10 Ом—1 МОм	750

* Число в обозначении типа резистора указывает значение $P_{макс}$ [Вт]: для ТВО при $t_с \leqslant 85$°С и для С4-1 при $t_с \leqslant 300$°С.

Таблица 10-43

Проволочные эмалированные резисторы постоянные и регулируемые

Тип резистора*	$D\times l$ не более, мм	$R_{ном}^{**}$	Тип резистора*	$D\times l$ не более, мм	$R_{ном}^{**}$
Постоянные резисторы с гибкими выводами			*Постоянные резисторы с жесткими выводами*		
ПЭ-7,5	14×42	3,0 Ом—5,1 кОм	ПЭВ-3	16×27	3,0 Ом—510 Ом
ПЭ-15	16×52	3,0 Ом—5,1 кОм	ПЭВ-7,5	16×37	1,0 Ом—3,3 кОм
ПЭ-20	20×52	2,4 Ом—5,1 кОм	ПЭВ-10	16×43	1,8 Ом—10 кОм
ПЭ-25	25×52	4,7 Ом—5,6 кОм	ПЭВ-15	19×47	3,9 Ом—15 кОм
ПЭ-50	25×93	1,0 Ом—16 кОм	ПЭВ-20	19×52	4,7 Ом—20 кОм
ПЭ-75	25×164	1,0 Ом—30 кОм	ПЭВ-25	23×52	10 Ом—24 кОм
ПЭ-150	33×219	1,0 Ом—51 кОм	ПЭВ-30	23×73	10 Ом—30 кОм
			ПЭВ-40	23×89	18 Ом—51 кОм
			ПЭВ-50	32×93	18 Ом—51 кОм

* Число в обозначении типа резистора указывает значение $P_{макс}$ [Вт]: для ПЭ, ПЭВ, ПЭВР при $t_с \leqslant 40$°С и для ПЭВТ при $t_с \leqslant 300$°С.

** Допустимое отклонение сопротивления от номинала всех типов ±5 или ±10%.

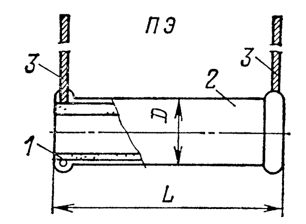
Продолжение табл. 10-43

Тип резистора *	$D \times l$ не более, мм	$R_{ном}^{**}$	Тип резистора *	$D \times l$ не более, мм	$R_{ном}^{**}$
Постоянные резисторы с жесткими выводами			*Регулируемые резисторы с жесткими выводами*		
ПЭВ-75	32×143	47 Ом—56 кОм	ПЭВР-10	16×43	3—220 Ом
ПЭВ-100	34×174	47 Ом—56 кОм	ПЭВР-15	19×47	5,1—220 Ом
ПЭВТ-3	16×27	43 Ом—1,3 кОм	ПЭВР-20	19×52	10—430 Ом
ПЭВТ-10	16×43	10 Ом—3 кОм	ПЭВР-25	23×52	10—510 Ом
ПЭВТ-25	23×52	15 Ом—7,5 кОм	ПЭВР-30	23×73	15 Ом—1 кОм
ПЭВТ-50	32×93	20 Ом—20 кОм	ПЭВР-50	32×93	22 Ом—1,5 кОм
ПЭВТ-75	32×144	20 Ом—27 кОм	ПЭВР-100	32×174	47 Ом—2,7 кОм
ПЭВТ-100	32×175	20 Ом—43 кОм			

Проволочные эмалированные резисторы применяют преимущественно в цепях питания аппаратуры.

Полупроводниковые терморезисторы

Терморезисторами называют резисторы, сопротивление которых значительно и нелинейно изменяется при изменениях температуры. Имеющие наибольшее распространение полупроводниковые объемные терморезисторы (рис. 10-31—10-33, табл. 10-44) обладают большими отрицательными ТКС. Изготовляют их из смесей окислов меди, марганца, кобальта и некоторых других металлов либо из сернистых соединений в виде стержней (терморезисторы КМТ-1, КМТ-4, ММТ-1, ММТ-4, ММТ-6), шайб (КМТ-11—КМТ-13, ММТ-9, ММТ-12), дисков (СТ1-17, СТ3-17, КМТ-17а, КМТ-17б, СТ3-23б) и прямоугольных пластинок (СТ3-23а).



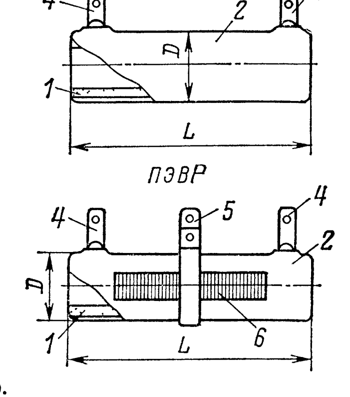


Рис. 10-30.

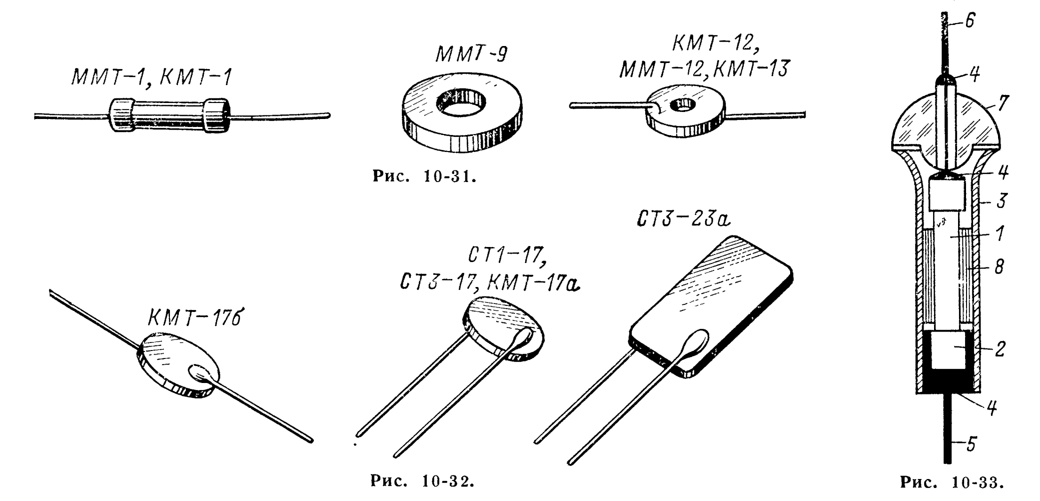


Рис. 10-31.

Рис. 10-32.

Рис. 10-33.

Герметизированный терморезистор ММТ-4, КМТ-4 (рис. 10-33) состоит из металлического корпуса *3*, внутри которого заключен токопроводящий элемент *1*. Проволочный вывод *6*,

выходящий из корпуса через стеклянный изолятор *7*, соединен с токопроводящим элементом через металлический колпачок с применением оловянно-свинцового припоя *4*. Другой конец токопроводящего элемента через колпачок *2* впаян в корпус оловянно-свинцовым припоем *4*. От корпуса сделан проволочный вывод *5*.

Используют полупроводниковые терморезисторы для температурной компенсации цепей радиоэлектронной аппаратуры и измерительных приборов, обладающих положительными ТКС, а также в устройствах для измерения и регулирования температуры, в качестве датчиков в устройствах автоматики и дистанционного управления и для ряда других целей.

Номинальное сопротивление терморезистора $R_{ном}$ и допустимое отклонение от него измеряется и регламентируется в узком интервале температуры 20 ± 1 °С, поскольку сопротивление терморезистора сильно зависит от температуры (рис. 10-34).

Максимальная мощность рассеяния $P_{макс}$ определяется как мощность, разогревающая терморезистор, находящийся в спокойном воздухе с температурой 20 ± 1 °С, до предельной температуры $t_{с.\,макс}$.

Предельная температура нагрева терморезистора является одновременно максимально допустимой рабочей температурой окружающей среды $t_{с.\,макс}$.

Кроме того, для терморезисторов нормируются следующие параметры:

Минимальная мощность рассеяния $P_{мин}$ — это мощность рассеяния, при которой терморезистор при прохождении через него тока

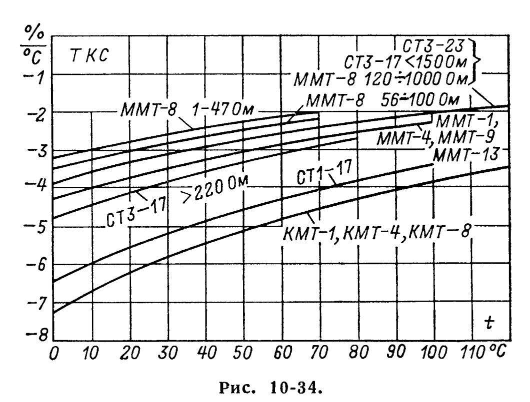


Рис. 10-34.

практически не нагревается выше температуры окружающей среды, и поэтому сопротивление его практически не изменяется. Условно считают, что нагрев от действия тока отсутствует, если при этом сопротивление терморезисторов уменьшается не более чем на 1% (измерение производят в спокойном воздухе при температуре 20 ± 1 °С).

Таблица 10-44

Полупроводниковые терморезисторы

Тип терморезистора	Размеры * не более, мм	$P_{макс}$, Вт, при 20±1 °С	$t_{с.\,макс}$, °С	$P_{расс}$ при $t_{с.\,макс}$, мВт	$P_{мин}$, мВт	τ не более, с	$R_{ном}$	Допуск, %	ТКС, %/°С, при 20 °С
				Кобальто-марганцевые					
СТ1-17,	⌀ 5×25**	—	100	0,2	0,5	30	330 Ом—22 кОм	±10	—4,2 ÷ —7,0
КМТ-17								±20	
КМТ-1	⌀ 3×13	1,0	180	0,3	1,0	85	22 кОм—1 МОм	±20	—4,2 ÷ —8,4
КМТ-4	⌀ 6,5×24	0,8	125	0,3	1,0	115	22 кОм—1 МОм	±20	—4,2 ÷ —8,4
КМТ-11	⌀ 1×3,5	—	120	—	—	10	100 Ом—3 МОм	±20	⩾ — 4,2
КМТ-12	⌀ 17,5×3**	—	125	0,3	1,3	—	100 Ом—10 кОм	±30	—4,2 ÷ — 8,4
				Медно-марганцевые					
ММТ-1	⌀ 3×13	0,6	125	0,4	1,3	85	1—220 кОм	±20	—2,4 ÷ —5,0
ММТ-4	⌀ 6,5×24	0,7	125	0,5	2,0	115	1—220 кОм	±20	—2,4 ÷ —5,0
ММТ-6	⌀ 0,8×3	0,05	120	0,1	—	35	10—100 кОм	±20	⩾ — 2,4
ММТ-9	⌀ 19×3	—	125	2,0	10		10 Ом—4,7 кОм	±10	—2,4 ÷ —5,0
ММТ-12	⌀ 17,5×3	—	125	0,5	2,0		4,7—47 Ом	±30	—2,4 ÷ —3,2
		—	125	0,5	2,0		68—100 Ом	±30	—2,6 ÷ —3,4
		—	125	0,5	2,0		120 Ом—1 кОм	±30	—2,6 ÷ —4,0
ММТ-13	⌀ 10×3,5	—	125	0,3	1,0		10 Ом—2,2 кОм	±20	—2,4 ÷ —5,0
				Медно-кобальто-марганцевые					
СТ3-17	⌀ 5×12**	—	100	0,2	0,8	30	33 и 47 Ом	±10,	—3,0 ÷ —4,0
		—	100	0,2	0,8	30	68—150 Ом	±20	—3,1 ÷ 4,1
		—	100	0,2	0,8	30	220 и 330 Ом	—	—3,8 ÷ —4,6
СТ3-23а	⌀ 17×8×3	—	125	2,0	10	—	2,2—4,7 Ом	±10,	—3,1 ÷ —3,7
СТ3-23б	⌀ 14×3	—	125	2,0	10	—	2,2—4,7 Ом	±20	—3,1 ÷ —3,7

* Размеры указаны без выводов.
** Толщина указана с учетом выводов.

Тепловая постоянная времени τ; выражается в секундах. Это время, в течение которого температура терморезистора при свободном охлаждении снижается на 63 °С (по сравнению с первоначальной разностью температур терморезистора и окружающей среды) с момента перенесения его из среды с температурой 0 °С в среду с температурой 100 °С.

Варисторы

Варисторами называют резисторы объемного типа с нелинейными вольт-амперными характеристиками; их сопротивления уменьшаются при увеличении приложенного напряжения. Характеристики варисторов симметричны при напряжениях различной полярности, вследствие чего они применимы как в цепях постоянного, так и в цепях переменного и импульсного тока.

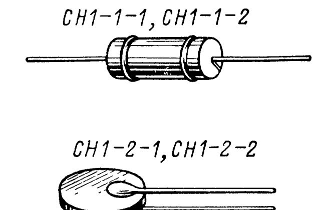


Рис. 10-35.

Изготавливают варисторы в виде стержней или дисков (рис. 10-35) из карбида кремния с добавкой связующих материалов методом спекания при высокой температуре.

Применяют варисторы в делителях напряжения для подачи смещения на управляющие сетки электронных ламп для стабилизации этих напряжений, включают параллельно обмоткам выходных трансформаторов кадровой развертки для стабилизации напряжений, подаваемых на отклоняющие катушки кинескопов и т. д.

В широком диапазоне напряжений и токов вольт-амперные характеристики варистора описываются выражением

$$I = \left(\frac{U}{C}\right)^{\beta},$$

где C — постоянная, численно равная напряжению, при котором через варистор будет протекать ток величиной 1 А; β — коэффициент нелинейности — отношение сопротивления варистора постоянному току $R_{\text{ст}} = U/I$ к его сопротивлению переменному току $R_{\text{д}} = dU/dI$ в заданной точке вольт-амперной характеристики, т. е.

$$\beta = \frac{R_{\text{ст}}}{R_{\text{д}}} = \frac{UdI}{IdU}.$$

Классификационное напряжение $U_{\text{кл}}$ — важнейший параметр варистора — постоян-

Таблица 10-45

Варисторы

$U_{\text{кл}}$, В	$U_{\text{макс}}$, В	β не менее	$U_{\text{кл}}$, В	$U_{\text{макс}}$, В	β не менее	$U_{\text{кл}}$, В	$U_{\text{макс}}$, В	β не менее
Стержневые варисторы								
СН-1-1 (⌀9×19 мм) $P_{\text{макс}}=1$ Вт; $I_{\text{кл}}=10$ мА						СН1-1-2 (⌀7×16 мм) $P_{\text{макс}}=0{,}8$ Вт; $I_{\text{кл}}=10$ мА		
560	1 200	3,5	1 200	1 600	4,0	560	1 200	3,5
680	1 300	4,0	1 300	1 700	4,5	680	1 300	4,0
820	1 400	4,0	1 500	2 000	4,5	1 300	1 700	4,5
Дисковые варисторы								
СН-2-1 (⌀ 16×8 мм) $P_{\text{макс}}=1$ Вт; $I_{\text{кл}}=3$ мА						СН1-2-2 (⌀ 12×7 мм) $P_{\text{макс}}=1$ Вт; $I_{\text{кл}}=3$ мА		
56	180	3,5	150	450	3,5	47	120	3,5
68	210	3,5	180	550	3,5	56	150	3,5
82	250	3,5	220	650	3,5	68	170	3,5
100	300	3,5	270	800	3,5	82	200	3,5
						100	230	3,5
СН-2-2 (⌀ 12×7 мм) $P_{\text{макс}}=1$ Вт; $I_{\text{кл}}=3$ мА						СН1-6 (⌀ 34×9 мм) $P_{\text{макс}}=2{,}5$ Вт; $I_{\text{кл}}=20$ мА		
15	60	3,0	27	90	3,0	33	150	4,0
18	70	3,0	33	95	3,0			
22	80	3,0	39	110	3,0			
СН1-10 (⌀ 40×7) $P_{\text{макс}}=3$ Вт; $I_{\text{кл}}=10$ мА								
15	75	3,2	27	135	3,2	39	195	3,2
18	90	3,2	33	165	3,2	47	235	3,2
22	110	3,2						

ное напряжение, при подаче которого на варистор через него проходит ток заданной (классификационной) величины $I_{кл}$ (табл. 10-45). При измерении этого тока отклонение величины классификационного напряжения не должно превышать ±10% (для варисторов СН1-2-1 допускается ±20%).

Максимально допустимые эксплуатационные данные варисторов: мощность рассеяния $P_{макс}$ и амплитуда импульсного напряжения $U_{макс}$.

Переменные и подстроечные непроволочные резисторы

Отечественная промышленность выпускает переменные и подстроечные композиционные резисторы широкого применения следующих типов.

Одиночные переменные и подстроечные экранированные (рис. 10-36): ВК, ВКУ-1, ВКУ-2, (⌀ 34 мм); СП-I, СП-II, СП-V; СП3-2а, СП3-2б (⌀ 29 мм); СП3-12 (⌀ 26 мм);

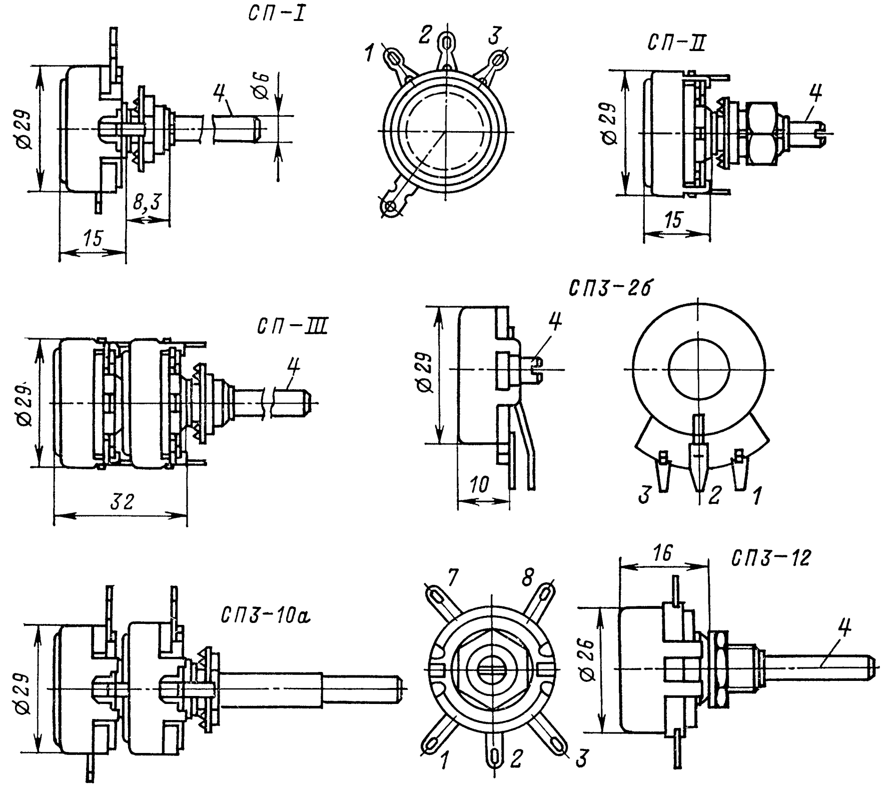


Рис. 10-36.

Классификационное напряжение к выводам варистора СН1-1 допустимо прикладывать только кратковременно (например, для проверки этого параметра), поскольку для варисторов этого типа $I_{кл}U_{кл} > P_{макс}$.

Однако величина рассеиваемой мощности в импульсе может быть больше среднего ее значения при условии, что среднее значение сохраняется в пределах допустимой величины $P_{макс}$.

Указанные в табл. 10-45 значения $P_{макс}$ допустимы при $t_c \leqslant 70$ °C для варисторов СН1-1, при $t_c \leqslant 60$ °C для варисторов СН1-2 и при $t_c \leqslant 75$ °C для варисторов СН1-6.

Температурный коэффициент тока варисторов не превышает 0,7%/°C (для варистора СН1-6 температурный коэффициент напряжения не более 0,15%/°C).

СП3-4а, СП3-4б, СП3-9а, СП3-2б, (⌀ 29 мм); СП3-12 (⌀ 26 мм); СП3-4а, СП3-4б, СП3-9а, СП3-9б, СП-0,4, (⌀ 16 мм); СП3-6, СП3-6а (⌀ 12 мм). Резисторы СП-II, СП3-3б и СП3-9б имеют стопоры осей. Резисторы СП3-2б, СП3-4б, СП3-6 и СП3-6а рассчитаны на печатный монтаж, остальные — на навесной. Резисторы ВКУ-1, ВКУ-2 и СП3-12, предназначенные для использования в регуляторах громкости, имеют соответственно один и два отвода для подключения *RC*-цепочек частотной компенсации.

Одиночные переменные экранированные с двухполюсными выключателями: ТКД (⌀ 34 мм); СП3-10б (⌀ 29 мм), СП3-4в и СП3-4г (⌀ 16 мм). Последний предназначается для печатного монтажа.

Одиночные подстроечные неэкранированные резисторы СП3-1а и СП3-1б (рис. 10-37)

предназначены для монтажа на печатных платах.

Одиночные переменные неэкранированные малогабаритные с выключателями СПО-0,5 (⌀ 16 мм), СПО-1 (⌀ 21 мм), СПО-2 (⌀ 28 мм).

Переменные резисторы широкого применения изготавливают со следующими но-

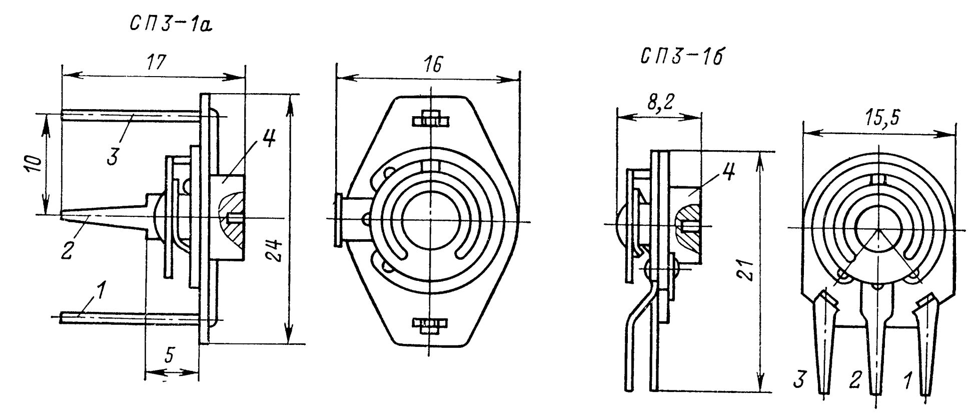


Рис. 10-37.

минальными сопротивлениями (между крайними выводами):

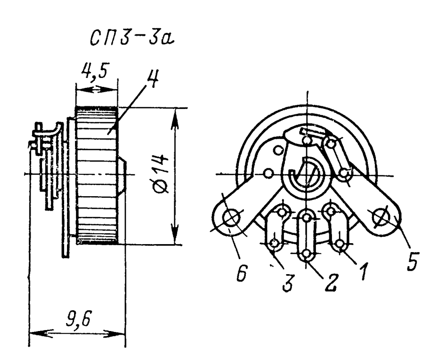
Омы	Килоомы			Мегомы
	1,0	10	100	1,0
	1,5	15	150	1,5
	2,2	22	220	2,2
	3,3	33	330	3,3
470	4,7	47	470	4,7
680	6,8	68	680	

(рис. 10-38): СП3-3а (⌀ 14 мм), СП3-3б, СП3-3в (⌀ 22 мм). Последний предназначен для печатного монтажа. Выключатели рассчитаны на ток до 0,15А при напряжении не свыше 50 В.

Сдвоенные переменные экранированные: СНК (⌀ 34 мм); СП-III, СП-IV, СП3-10а (⌀ 29 мм); СП3-7 (⌀ 26 мм); СП3-4д (⌀ 16 мм). Резистор СП-IV снабжен стопором оси. Управление каждым из резисторов, входящих в СНК и СП3-10а, независимое.

Сдвоенные переменные экранированные с двухполюсными выключателями: СНВКД и СП3-8 (⌀ 34 мм); СП3-10в (⌀ 29 мм);

Резисторы с функциональными характеристиками Б и В выпускаются лишь с номинальными сопротивлениями 4,7кОм — 2,2 МОм;



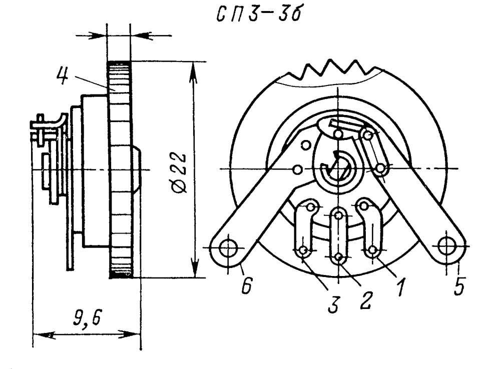


Рис. 10-38.

управление каждым резистором независимое. Резистор СП3-8 предназначается для регулирования громкости и тембра в автомобильных приемниках; входящий в него регулятор громкости с функциональной характеристикой вида В имеет отвод для подключения *RC*-цепочки частотной коррекции.

Кроме того, выпускаются одиночные объемные резисторы экранированные подстроечные (рис. 10-39): СПО 0,15 (⌀ 10 мм), резисторы СП3-4 с функциональной характеристикой А дополнительно изготавливают с номинальными сопротивлениями 220 и 330 Ом; а СПО — 47, 68, 100, 150, 220 и 330 Ом.

На всех общих видах переменных и подстроечных резисторов (рис. 10-36—10-39) приняты следующие обозначения их частей: *1*, *3* — выводы начала и конца токопроводящего элемента, *2* — вывод от подвижной

контактной щетки, *4* — конец оси подвижной системы или ручка управления, *5*, *6* — вы-

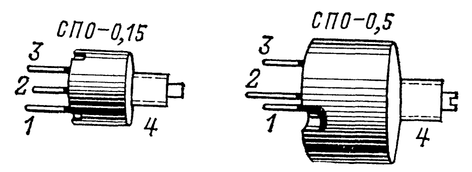


Рис. 10-39.

воды выключателя, *7*, *8* — выводы для подключения цепочек тонкомпенсации регуляторов громкости.

Фоторезисторы

Фоторезисторами называют полупроводниковые резисторы, сопротивление которых уменьшается при воздействии видимых световых или невидимых лучей, а ток при включении фоторезистора в цепь с э. д. с. соответственно возрастает.

К видимым лучам света наиболее чувствительны фоторезисторы типов ФСД и СФЗ, токопроводящие элементы которых представляют собой таблетки, изготовленные из селенида кадмия, и типов ФСК и СФ2 с токопроводящими элементами в виде таблеток из сернистого кадмия. Фоторезисторы типов ФСА и СФ1, светочувствительные токопроводящие элементы которых представляют тонкий слой сернистого свинца, нанесенного на стеклянную пластинку, более чувствительны к инфракрасным лучам, чем к видимому свету.

Токопроводящие элементы фоторезисторов заключены в пластмассовые или металлические кожухи с окнами (рис. 10-40), через которые лучистая энергия воздействует на поверхность токопроводящих элементов (не имеют защитных кожухов только фоторезисторы ФСА-1а, ФС-А0, ФСД-0 и ФСК-0).

Фоторезисторы имеют следующие специфические для них параметры.

Темновое сопротивление $R_т$ — сопротивление фоторезистора в отсутствие освещенности его светочувствительного элемента; измеряется при $t_с = 20$ °С.

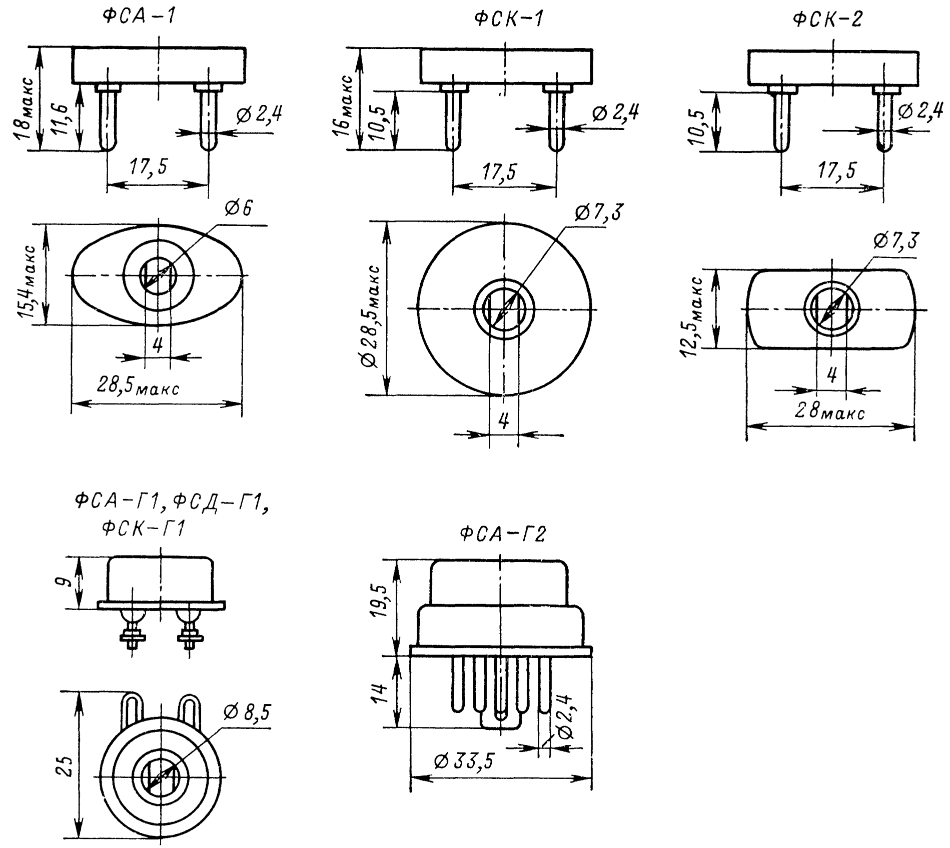


Рис. 10-40.

Допустимые отклонения от номинальных темновых сопротивлений сернисто-свинцовых резисторов ±20%. Для каждого типа селенисто-кадмиевого и сернисто-кадмиевого фоторезистора установлено минимальное темновое сопротивление (табл. 10-46); фактическое его значение в большинстве случаев на 1—2 порядка больше.

Таблица 10-46

Фоторезисторы

Тип фоторезистора	$R_т^*$	Кратность изменения сопротивления	$I_т$ не более, мкА	$I_{св}$ не менее, мА	$P_{макс}$, мВт	$U_{макс}$, В	$\tau_н$ не более, мс	$\tau_с$ не более, мс
Сернисто-свинцовые **								
ФСА-1, ФСА-1а	22 кОм—1 МОм	⩾1,2	—	—	10	—	0,04	0,04
ФСА-Г1, ФСА-Г2	47—470 кОМ	⩾1,2	—	—	10	—	0,04	0,04
Селенисто-кадмиевые								
ФСД-1, ФСД-1а	⩾2,2 МОм	⩾150	10	1,5	50	20	40	20
ФСД-Г1	⩾2,2 МОм	⩾150	10	1,5	50	20	40	20
СФ3-1	⩾30 МОм	⩾1 500	0,5	0,75	10	15	60	10
Сернисто-кадмиевые								
ФСК-1, ФСК-1а	⩾3,3 МОм	⩾100	15	1,5	125	50	50	30
ФСК-Г1	⩾3,3 МОм	⩾100	15	1,5	125	50	50	30
ФСК-2	⩾3,3 МОм	⩾ 20	30	0,6	125	100	140 ***	70 ***
СФ2-1	⩾15 МОм	⩾500	1	0,5	10	15	80	20
СФ2-2	⩾2 МОм	⩾500	1	0,5	50	2	60	20

* При $t_с = 20$ °С.

** Для сернисто-свинцовых резисторов типа ФСА значения $I_т$ и $I_{св}$ не нормируются, а предельно допустимое напряжение постоянного тока $U_{макс}$ численно равно 0,1 $R_т$.

*** Средние значения.

Кратность изменения сопротивления — отношение темнового сопротивления фоторезистора к его сопротивлению при освещенности 200 лк от источника с цветовой температурой 2 850 К.

Темновой ток $I_т$ — ток через фоторезистор, включенный в цепь с источником э. д. с., в отсутствие освещенности. Для каждого типа фоторезистора нормируется максимальное значение $I_т$ при максимальном напряжении и $t_с = 20$ °С. Фактическая величина $I_т$ у большинства фоторезисторов в нормальных условиях на 1—2 порядка меньше.

Световой ток $I_{св}$ и *фототок.* Ток через фоторезистор при его освещенности называют световым током, а разность между световым и темновым токами — фототоком.

Принято регламентировать для конкретных типов фоторезисторов минимальный световой ток при максимальном рабочем напряжении и освещенности 200 лк. Фактическая величина светового тока может быть в 2—5 раз больше указанного в табл. 10-44 минимального гарантируемого значения. Поскольку темновой ток в сотни раз меньше светового тока, между фототоком и световым током практически нет разницы.

Чувствительность фоторезистора — отношение изменения тока через фоторезистор к вызвавшему его изменению светового потока; выражается в микроамперах на люмен [мкА/лм]. Для фоторезисторов, предназначенных для работы при невидимых лучах, например инфракрасных, чувствительность определяют как отношение изменения тока к вызвавшему его изменению падающей энергии облучения в ваттах [мкА/Вт].

Удельная чувствительность — чувствительность, отнесенная к 1 В приложенного к фоторезистору напряжения; выражается в микроамперах на люмен на вольт [мкА/(лм·В)] или в микроамперах на ватт падающей энергии на вольт [мкА/(Вт·В)].

Максимальная чувствительность фоторезистора определяется как произведение его удельной чувствительности на предельное рабочее напряжение.

Постоянная времени — время после освещения или затемнения (включения или выключения света), в течение которого световой ток увеличивается или уменьшается на 63% от установившегося значения. Увеличение освещенности и повышение напряжения на фоторезисторе уменьшает время спадания светового тока. Для конкретных типов фоторезисторов нормируют максимальное значение постоянной времени раздельно по нарастанию ($\tau_н$) и по спаданию ($\tau_с$) тока соответственно после включения и выключения источника света, создающего освещенность 200 лк ± 10%.

Предельное напряжение постоянного тока $U_{макс}$, указанное в табл. 10-46, допустимо при освещенности фоторезистора 200 лк.

При меньшей освещенности допускается большее напряжение на фоторезисторе, однако рассеиваемая на нем мощность не должна превышать допустимой для наибольшей температуры, возможной в эксплуатации.

10-7. КОНДЕНСАТОРЫ

Параметры конденсаторов

Номинальное напряжение $U_{C\text{ ном}}$ — это максимально допустимое постоянное напряжение или сумма постоянной составляющей и амплитуды переменной составляющей напряжения (или величины однополярного импульса напряжения), при которой конденсатор может надежно и длительно работать (для конденсатора, предназначенного для работы в основном в цепях постоянного или пульсирующего тока). При работе конденсатора указанного назначения в цепи переменного тока предельно допустимое действующее значение переменного напряжения должно быть меньше номинального. Для конденсатора, рассчитанного специально для работы в цепи переменного тока (МБГЧ, СМ), номинальным напряжением является максимально допустимое действующее значение переменного напряжения частотой 50 Гц. При использовании конденсатора в цепях с токами большей частоты допустимое напряжение снижается.

Если напряжение на конденсаторе будет превышать допустимое, он может быстро выйти из строя.

Температурный коэффициент емкости (ТКЕ) — параметр, характеризующий относительное изменение емкости конденсатора под влиянием изменений температуры. Выражается в миллионных долях на градус ($10^{-6}1/°C$). ТКЕ положителен, если при повышении температуры емкость увеличивается (при понижении уменьшается); ТКЕ отрицателен, если при повышении температуры емкость уменьшается (при понижении увеличивается). Нормируется ТКЕ для керамических, стеклокерамических, слюдяных и стеклоэмалевых конденсаторов, используемых в резонансных контурах и других ВЧ цепях, где необходима стабильность емкости или заданная закономерность ее изменения при изменениях температуры.

По значению ТКЕ конденсаторы этого назначения делят на группы. Группы керамических конденсаторов имеют условные обозначения из букв и цифр; буквы указывают знак ТКЕ: П — положительный, М — отрицательный, МП — близкий к нулю, а цифры— среднее значение ТКЕ (измеряется на частотах 0,3—5 МГц).

Не нормируется ТКЕ конденсаторов, предназначенных для использования в качестве блокировочных, в сглаживающих и развязывающих фильтрах, т. е. в цепях, где стабильность емкости не имеет существенного значения. В условных обозначениях керамических конденсаторов этого назначения имеются буква Н и число, указывающее, на сколько процентов может уменьшиться емкость конденсатора во всем рабочем интервале температур по сравнению с емкостью, измеренной при температуре 20 °С.

Сопротивление изоляции $R_{из}$ — параметр, характеризующий качество диэлектрика конденсатора и, следовательно, утечку тока через него. Измеряют сопротивление изоляции, прикладывая между выводами электродов конденсатора постоянное напряжение (обычно 100 В при номинальном напряжении конденсатора выше этой величины). Исправный конденсатор в нормальных условиях имеет сопротивление изоляции порядка гигаом.

Для электролитических конденсаторов вместо сопротивления изоляции нормируется предельная величина тока утечки при номинальном напряжении.

При повышении температуры и влажности сопротивление изоляции уменьшается, а ток утечки увеличивается.

Потери энергии в конденсаторе, работающем в цепи переменного тока, характеризуют тангенсом угла δ, который является дополнением до 90° к углу сдвига фаз φ между действующими значениями напряжения U на конденсаторе и проходящим через него током I, т. е. $\delta = 90° — \varphi$ (рис. 10-41). Величина, обратная тангенсу угла потерь, называется д о б р о т н о с т ь ю конденсатора Q.

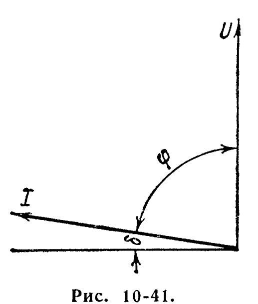


Рис. 10-41.

При комнатной температуре на частотах порядка сотен килогерц — мегагерц керамические конденсаторы групп М и П, слюдяные и стеклоэмалевые имеют $\text{tg}\,\delta \leqslant 0{,}002$ ($Q \geqslant 500$); у керамических конденсаторов групп Н на частотах порядка сотен — тысяч герц $\text{tg}\,\delta \leqslant 0{,}04$ ($Q \geqslant 0{,}25$); у бумажных на таких же частотах $\text{tg}\,\delta \leqslant 0{,}01$ ($Q \geqslant 100$); у электролитических на частотах 50—100 Гц в нормальных условиях $\text{tg}\,\delta \approx 0{,}1 \div 0{,}25$ ($Q < 10$).

Реактивная мощность P_q — параметр, регламентируемый для конденсаторов, применяемых в ВЧ цепях: керамических групп М и П, слюдяных и стеклоэмалевых; используют этот параметр при расчете ВЧ контуров передатчиков. Так как потери в керамическом слюдяном конденсаторе невелики, т. е. $\varphi \to 90°$ и $\cos\varphi \to 1$, то практически $P_q = UI$.

Для каждого конструктивного вида керамического, слюдяного, стеклоэмалевого конденсатора нормируется номинальная (мак-

симально допустимая) величина реактивной мощности, которую не следует превышать при эксплуатации. При данном виде диэлектрика номинальное значение P_q зависит от размеров конденсатора и его конструктивных особенностей. Действующее значение переменного напряжения U [В] с частотой f [Гц] на конденсаторе емкостью C [пФ], при котором реактивная мощность достигает P_q [В · А], определяется формулой

$$U = 400 \cdot 10^3 \sqrt{\frac{P_q}{fC}}.$$

Потери мощности переменного тока в диэлектрике конденсатора

$$P_a = P_q \operatorname{tg} \delta.$$

Маркировка параметров на конденсаторах постоянной емкости

Номинальную емкость и допустимое отклонение указывают на конденсаторах полностью (на конденсаторах малой емкости может быть не указана единица измерения «пФ») или же на малогабаритных конденсаторах по следующему коду:

1. Емкости до 91 пФ выражают в пикофарадах; для обозначения этой единицы измерения используется буква П.

2. Емкости от 100 до 9 100 пФ выражают в долях нанофарады, а от 0,01 до 0,091 мкФ — в нанофарадах (1 нФ = 1 000 пФ = 0,001мкФ); для обозначения нанофарады применяется буква Н.

3. Емкости от 0,1 мкФ и выше выражают в микрофарадах; для обозначения этой единицы измерения применяется буква М.

4. Если номинальная емкость выражается целым числом, то обозначение единицы измерения ставится после этого числа. Например, емкость 15 пФ обозначается 15П, а емкость 0,015 мкФ = 15 нФ обозначается 15 Н.

5. Если номинальная емкость выражается десятичной дробью, меньшей единицы, то нуль целых и запятая из маркировки исключаются, а буквенное обозначение единицы измерения располагается перед числом. Например, емкость 150 пФ = 0,15 нФ обозначается Н15, а емкость 0,15 мкФ обозначается М15.

6. Если номинальная емкость выражается целым числом с десятичной дробью, то целое число ставится впереди, а десятичная дробь — после буквы, т. е. буква, обозначающая единицу измерения, заменяет запятую. Например, емкость 1,5 пФ обозначается 1П5, а емкость 1 500 пФ = 1,5 нФ обозначается 1Н5.

7. Допустимое отклонение от номинальной емкости в нормальных условиях маркируется после обозначения номинальной емкости буквой согласно табл. 10-39.

ТКЕ или допустимое изменение емкости в диапазоне температур маркируется на керамических конденсаторах чаще всего окраской их корпусов согласно табл. 10-47 и 10-48. Для некоторых типов керамических конденсаторов применяются иные способы маркировки:

1. Группа ТКЕ или допустимое изменение емкости при изменениях температуры обозначается двумя цветными полосками; широкая полоска имеет цвет, указанный в первой графе табл. 10-47, или оранжевый на конденсаторах групп Н10—Н90, а расположенная рядом более узкая полоска имеет цвет, указанный в табл. 10-47 и 10-48 для маркировочной точки. При этом весь конденсатор может быть окрашен в любой цвет, за исключением указанных в таблицах.

Таблица 10-47

Маркировка ТКЕ керамических конденсаторов

Цвет окраски		Условное обозначение группы по ТКЕ	ТКЕ · 10^{-6} в интервале температур 20—85 °С
корпуса	точки на корпусе		
Синий	—	П120	120 ± 30
	—	П100	100 ± 40
Серый	—	П33	33 ± 30
Голубой	Черный	МП0	0 ± 30
	Коричневый	М33	-33 ± 30
	—	М47	-47 ± 30
	Красный	М75	-75 ± 30
Красный	Оранжевый	М150	-150 ± 40
	Желтый	М220	-220 ± 40
	Зеленый	М330	-330 ± 60
	Синий	М470	-470 ± 90
	—	М750	-750 ± 100
	—	М700	-700 ± 100
Зеленый	—	М1500	$-1\,500 \pm 200$
	—	М1300	$-1\,300 \pm 200$
	Желтый или серый	М2200	$-2\,200^{+500}_{-300}$

2. Группа ТКЕ или допустимое изменение емкости в диапазоне рабочих температур маркируется буквой и числом согласно таблицам 10-47 и 10-48.

Таблица 10-48

Маркировка керамических конденсаторов с ненормированным ТКЕ

Цвет точки на оранжевом корпусе	Условное обозначение группы	Изменение емкости в диапазоне температур от −60 до +85 °С не более, %
Черная	Н10	±10
Красная	Н20	±20
Зеленая	Н30	±30
Синяя	Н50	±50
—	Н70	—70
Белая	Н90	—90

3. Указанным в табл. 10-47 и 10-48 цветом для маркировочной точки окрашивается полностью одна сторона корпуса (конденсаторы КЛГ).

ТКЕ слюдяных и стеклоэмалевых конденсаторов маркируется на их корпусах буквенным кодом согласно табл. 10-49.

Таблица 10-49

Маркировка ТКЕ слюдяных и стеклоэмалевых конденсаторов

Условное обозначение группы по ТКЕ	ТКЕ · 10^6 в интервале рабочих температур
Слюдяные конденсаторы	
Б	±200
В	±100
Г	±50
Стеклоэмалевые конденсаторы	
Р	+65 ± 35
О	0 ± 30
М	—47 ± 30
П	—130 ± 50

Керамические конденсаторы постоянной емкости

Керамическими изделиями, материалами в обиходе называют изделия и материалы, изготовленные путем обжига массы, основной частью которой является глина. По структуре они представляют собой спекшиеся от действия высокой температуры мелкие кристаллики. В технике керамическими называют многие материалы подобной же структуры и технологии изготовления, хотя глины в них нет или мало. К их числу относится конденсаторная керамика различного химического состава и структуры, применяемая в качестве диэлектриков конденсаторов. Для изготовления конденсаторов групп П и М применяют высокочастотную конденсаторную керамику (марки Тиконд, Термоконд и др.). Она обладает малыми потерями в электрических ВЧ и СВЧ полях при значениях диэлектрической проницаемости 10—200. В конденсаторах групп Н применяют низкочастотную керамику (сегнетокерамику), для которой характерна диэлектрическая проницаемость более 1 000 при относительно больших потерях, которые резко возрастают с увеличением частоты.

Конденсатор КД — Керамический Дисковый и **КДС** — Дисковый Сегнетокерамический — круглая керамическая пластинка; на ее плоские поверхности методом вжигания при высокой температуре нанесены электроды в виде тонких слоев серебра (рис. 10-42). К ним припаяны вводы из медной посеребренной проволоки. Конденсатор имеет покрытие органической эмалью. Размеры и важнейшие электрические параметры конденсаторов КД приведены в табл. 10-50 и 10-51.

Конденсатор КДС-1 (⌀ 4 мм) имеет $C_{ном}$ = 1 000 пФ, КДС-2 (⌀ 9 мм) — 3 000 пФ и КДС-3 (⌀ 12 мм) — 6 800 пФ; допустимое отклонение в нормальных условиях от +100 до —40%. $U_{C\,ном}$ = 250 В. Защитное покрытие эмалью оранжевого цвета.

Конденсатор КТ — Керамический Трубчатый — керамическая трубка, на внутреннюю и внешнюю поверхности которой нанесены серебряные электроды (рис. 10-42).

Таблица 10-50

Размеры и номинальные реактивные мощности керамических конденсаторов

Тип конденсатора	Размеры корпуса, мм	$P_{q\,макс}$, В · Ар
КД-1	⌀ 4 ⌀ 5 ⌀ 6	20 30 40
КД-2	⌀ 6 ⌀ 8 ⌀ 10 ⌀ 12 ⌀ 16	20 40 60 80 100
КТ-1	⌀ 3×10 ⌀ 3×12 ⌀ 3×16 ⌀ 3×20	20 30 40 50
КТ-2	⌀ 5×12 ⌀ 5×16 ⌀ 5×20 ⌀ 5×25 ⌀ 5×30	50 50 75 75 100

Тип конденсатора	Размеры корпуса, мм	$P_{q\,макс}$, В · Ар
КТ-2	⌀ 5×40 ⌀ 5×50	125 150
КТ-3	⌀ 10×12 ⌀ 10×20 ⌀ 10×30 ⌀ 10×40 ⌀ 10×50 ⌀ 10×60	300 400 600 800 1 000 1 200
КЛГ-1, КЛГ-2, КЛГ-3	4×5×4 4×5×4 8×5×4 10×5×4	100 120 150 150
КЛС-1, КЛС-2, КЛС-3	4×5 ×4 5×6 ×4 6×6 ×4 6×9 ×4 6×11×4	75 100 125 150 175

Тип конденсатора	Размеры корпуса, мм	$P_{q\,макс}$, В · Ар
КМ-4, КМ-5	5× 4×6 7× 6×4 9× 8×4 11×10×4 13×12×4	10 10 20 30 40
КМ-6	6× 6×6 7× 7×6 9× 9×6 11×11×6 13×13×6	10 10 20 30 40
К10-7А, К10-7В	6× 6×4 8× 8×4 10×10×4 12×12×4 14×14×4 14×15×5	20 40 60 80 100 100

Контактные выводы из медной посеребренной проволоки (у КТ-1, КТ-2а, КТ-2б) или медные ленточные посеребренные (у КТ-2в и КТ-3в). Конденсаторы имеют защитное покрытие органической эмалью.

Конденсаторы КЛГ и КЛС — Керамические Литые Секционные. Корпус конденсатора — прямоугольная призма из керамики с прорезами прямоугольного сечения шириной 0,1—0,2 мм, разделяющими призму на ряд пластин толщиной 0,14—0,5 мм. На поверхности пластин методом вжигания при высокой температуре нанесены слои серебра — электроды конденсатора. Серебряные слои в четных прорезях соединены между собой таким же слоем на одном из торцов корпуса, а слои в нечетных прорезах — на другом торце. К торцевым слоям припаяны выводы из медной посеребренной проволоки. Конденсаторы КЛГ имеют неорганическое изоляционно-защитное покрытие (стеклоэмаль), а КЛС покрыто органической эмалью.

Конденсатор КМ — Керамический Монолитный — призма прямоугольного сечения, образованная тонкими слоями металла (электроды), чередующимися со слоями керамики толщиной 0,12—0,25 мм (диэлектрик). Все слои спечены между собой при высокой температуре. Выводы проволочные. Защитное эмалевое покрытие.

Конденсатор К10У-2 — керамическая пластинка клиновидной формы, на поверхности которой методом вжигания нанесены посеребренные электроды. Защитного покрытия нет. Конденсаторы предназначены для печатного монтажа; они вставляются в прорези плат, плоские проводники которых спаиваются непосредственно с обкладками конденсаторов.

Во избежание растрескивания керамики перед пайкой конденсатор необходимо нагреть, чтобы разность температур плавления припоя и корпуса конденсатора не превышала 10 °С.

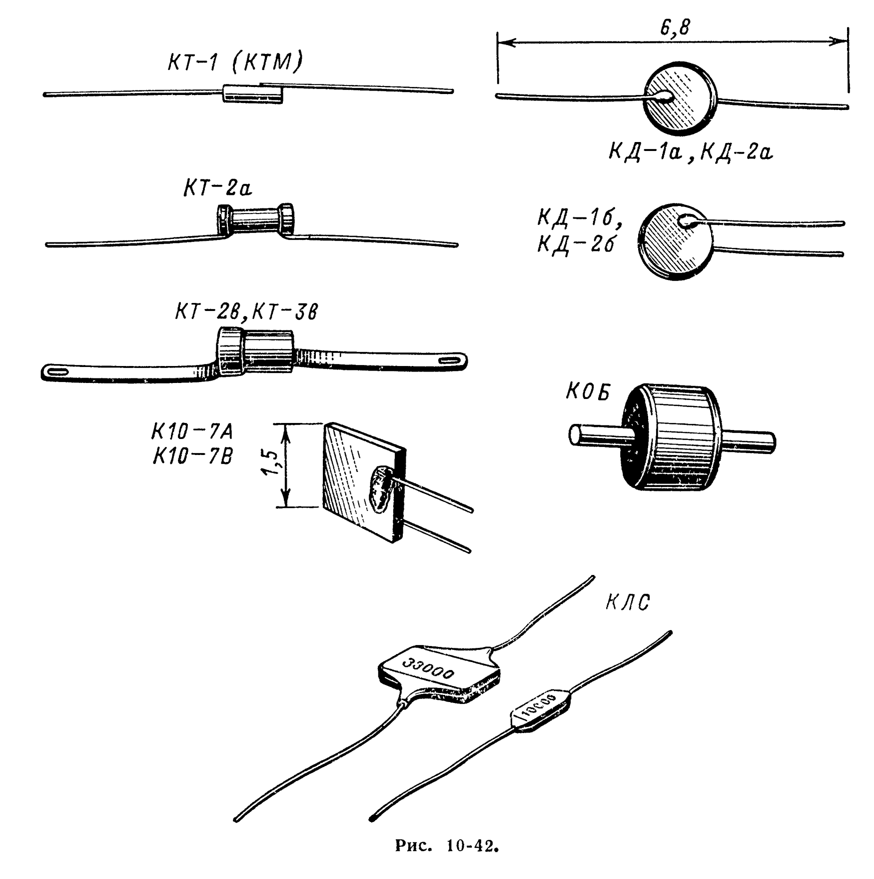


Рис. 10-42.

Конденсатор К10-7 — прямоугольная керамическая пластинка, на плоскости которой нанесены серебряные электроды. Выводы проволочные. Имеется эмалевое покрытие.

Конденсатор КОБ — Керамический Опрессованный пластмассой Бочоночный — керамический цилиндр, на основания которого нанесены методом вжигания обкладки. Выводы — короткие металлические посеребренные стержни. Для конденсатора КОБ-1 (⌀ 21 мм, высота корпуса 18 мм) $U_{C\,\text{ном}} = 12$ кВ, $C_{\text{ном}} = 500$ пФ; для КОБ-2 (⌀ 33 мм, высота 27 мм) $U_{C\,\text{ном}} = 20$ кВ, $C_{\text{ном}} = 500$ пФ; для КОБ-3 (⌀ 62 мм, высота 40 мм) $U_{C\,\text{ном}} = 30$ кВ, $C_{\text{ном}} = 2\,500$ пФ.

Таблица 10-51

Номинальные напряжения и емкости керамических конденсаторов

Группа ТКЕ	Тип конденсатора	$U_{C\ ном}$, В ($t_{с.\ макс}$)	$C_{ном}$*, пФ	Тип конденсатора	$U_{C\ ном}$, В ($t_{с.\ макс}$)	$C_{ном}$*, пФ	Тип конденсатора	$U_{C\ ном}$, В ($t_{с.\ макс}$)	$C_{ном}$*, пФ
П120 П33 М47 М75 М700 М1300	КД-1 (⌀ 4—6 мм)	250 (85 °C)	1,0—7,5 1,0—10 1,0—15 1,0—39 10—56 18—130	КД 2 (⌀ 6—16 мм)	400 (85 °C)	1,0— 12 1,0— 30 1,0— 43 1,0— 68 3,3—150 15—270			
Н70		160 (85 °C)	680—2 200		300 (85 °C)	680—6 800			
П120 П33 М47 М75 М700 М1300	КТ-1 (⌀ 3 мм)	250 (85 °C)	1,0—30 1,0—62 1,0—75 1,0—130 2,2—270 15—560	КТ-2 (⌀ 5 мм)	400 (85 °C)	2,2—100 2,2—180 2,2—240 2,2—360 3,2—910 15—2 200	КТ-3 (⌀ 10 мм)	750 (85 °C)	2,2—110 2,2—150 2,2—240 — 2,2—1 000 —
Н70		160 (85 °C)	680—10 000		300 (85 °C)	680—6 800 0,01—0,033 мкФ		—	—
М47 М75 М700 М1300	КЛГ-1 (зеленая точка)	— — — —	— — — —	КЛГ-2 (фиолетовая точка)	160 (155 °C) 160 (125 °C) 160 (125 °C) 160 (125 °C)	18—330 20—330 51—1 000 390—2 000	КЛГ-3 (желтая точка)	250 (155 °C) 250 (125 °C) 250 (125 °C) 250 (125 °C)	18—270 20—270 51—680 160—1 000
Н30		—	—		160 (100 °C)	2 200—0,01 мкФ		250 (100 °C)	1 000—4 700
Н70		70 (85 °C)	0,01—0,033 мкФ		160 (85 °C)	4 700—0,022 мкФ		—	—
М47, М75 М750, М1500	КЛС-1 (бежевая полоска)	70 (85 °C)	30—300 330—3 000	КЛС-2 (коричневая полоска)	125 (85 °C)	18—160 91—130	КЛС-3 (черная полоска)	200 (85 °C)	82—91 18—820
Н30		50 (85 °C)	1 500 пФ—0,01 мкФ		100 (85 °C)	100—6 800		160 (85 °C)	680—3 300

Продолжение табл. 10-51

Группа ТКЕ	Тип конденсатора	$U_{C\,ном}$, В ($t_{с.\,макс}$)	$C_{ном}$, пФ	Тип конденсатора	$U_{C\,ном}$, В ($t_{с.\,макс}$)	$C_{ном}$*, пФ	Тип конденсатора	$U_{C\,ном}$, В ($t_{с.\,макс}$)	$C_{ном}$*, пФ
Н50	КЛС-1 (бежевая полоска)	70 (85 °С)	1 500 пФ—0,01 мкФ	КЛС-2 (коричневая полоска)	125 (85 °С)	680—3 300	КЛС-3 (черная полоска)	—	—
Н70		35 (85 °С)	4 700 пФ—0,33 мкФ		—	—		—	—
Н90			4 700 пФ—0,1 мкФ		—	—		—	—
Н30	КМ-3	250 (125 °С)	680—6 800 0,01 пФ—0,022 мкФ	—	—	—	—	—	—
Н30	КМ-4	250 (125 °С)	16—510	КМ-5	160 (125 °С)	16— 680	КМ-6	25 (155 °С)	120—2 200
М47			27—510			27— 680			120—2 200
М75			47—1 000			47—1 300			180—2 700
М750			68—1 800			68—2 700			470—8 200
М1500			150—3 600			150—5 600			820—6 800 0,01—0,015 мкФ
Н30		160 (125 °С)	1 500—6 800 0,01—0,047 мкФ		100 (125 °С)	1 500—6 800 0,01—0,068 мкФ		—	—
Н50		—	—		—	—		25 (155°С)	0,01—0,15 мкФ
Н90		—	—		50 (85 °С)	0,015—0,15 мкФ		25 (85 °С)	0,022—1 мкФ
П100	К10У-2	400 (85 °С)	—	К10-7А	350 (155 °С)	2,2— 100	К10-7В	35 (155°С)	10— 82
П33			—			2,2— 120			12— 100
МП0			—			5,6— 270			27— 270
М33			—			6,8— 270			27— 270
М47			1,5—10			6,8— 270			22— 270
М75			10—22			10— 330			22— 270
М150			—			8,2— 390			39— 330
М220			—			10— 470			47— 390
М330			—			12— 560			56— 470
М470			—			12— 560			56— 560
М750			100—470			12— 560			47— 680
М1500			—			22—1 200			68—1 000
Н90			1 000—4 700						680—4 700

* Допустимое отклонение $C_{ном}$ от +80 (или +50) до — 20% для конденсаторов групп Н30, Н50, Н70, Н90, и не более ±5; ±10 или ±20% для конденсаторов с нормированным ТКЕ. Конденсаторы КД-2, КТ-2 и КТ 3 изготовляются также с допуском не более ±2%.

Керамические подстроечные конденсаторы

Подстроечные (полупеременные) конденсаторы применяют главным образом для подгонки параметров колебательных контуров.

Подстроечный керамический конденсатор состоит из статора — керамического основания и ротора — подвижного керамического диска (рис. 10-43). Последний укреплен к основанию на оси и может вращаться с помощью отвертки или специального ключа. Одна из плоскостей ротора прилегает к поверхности статора. Одна из серебряных обкладок нанесена на эту поверхность, а другая — на поверхность ротора, противоположную шлифованной. Обкладки имеют форму секторов. Диэлектриком служит материал ротора; вращая ротор, изменяют взаимное положение обкладки на нем и на статоре и емкость между ними.

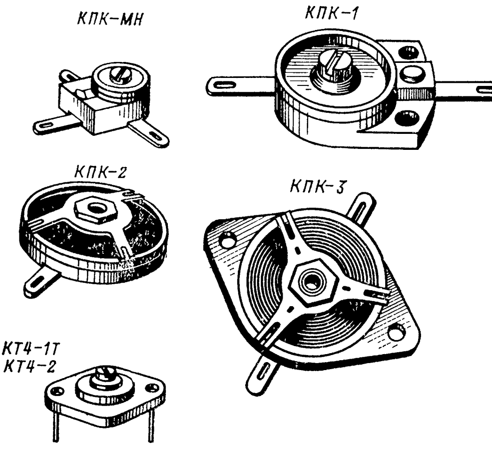


Рис. 10-43.

Конденсаторы КПК-МН (Малогабаритные для Навесного монтажа) и **КПК-МП** (Малогабаритные для Печатного монтажа) имеют одинаковую конструкцию, отличаясь только формой лепестковых выводов. Роторы их имеют диаметр 11 мм. Выпускаются конденсаторы с пределами изменения емкости 4—15, 5—20, 6—25 и 8—30 пФ.

Конденсаторы КТ4-1Т и КТ4-2 имеют проволочные выводы, рассчитанные для пайки на платах с печатным монтажом. Диаметры роторов 9 мм. Пределы изменения емкости 3—20 или 4—15 пФ.

Конденсаторы КПК-1 имеют лепестковые выводы, роторы диаметром 18 мм и выпускаются с пределами изменения емкости 2—7, 4—15, 6—25 и 8—30 пф.

Конденсаторы КПК-2 и КПК-3 имеют роторы диаметром около 33 мм и емкости их изменяются в пределах 6—60, 10—100 и 25—150 пФ.

Слюдяные конденсаторы

Конденсаторы КСО — конденсаторы Слюдяные Опрессованные пластмассой (рис. 10-44) изготавливают с электродами из фольги или из серебра, нанесенного в виде тонкого слоя на поверхность слюды. Емкость конденсаторов с фольговыми электродами (на них нет буквенной маркировки) нестабильна при изменениях температуры и во времени. Конденсаторы КСО-1, -2 и -5 имеют проволочные выводы, КСО-6, -7 и -8 выводы в виде металлических лепестков. Обозначение типа на конденсаторах КСО-1, -2, -5 и -6 не ставится; различить их можно по размерам (табл. 10-52). Допускаемые переменные напряжения не выше указанных в табл. 10-53; $t_{с.\ макс} = 70$°С.

Конденсаторы К31У-3Е конструктивно аналогичны конденсаторам КСО-1 — КСО-5, но обладают лучшей влагоустойчивостью и теплоустойчивостью ($t_{с.\ макс} = 85$ °С). Выпускаются с серебряными электродами по группам ТКЕ: Б, В и Г.

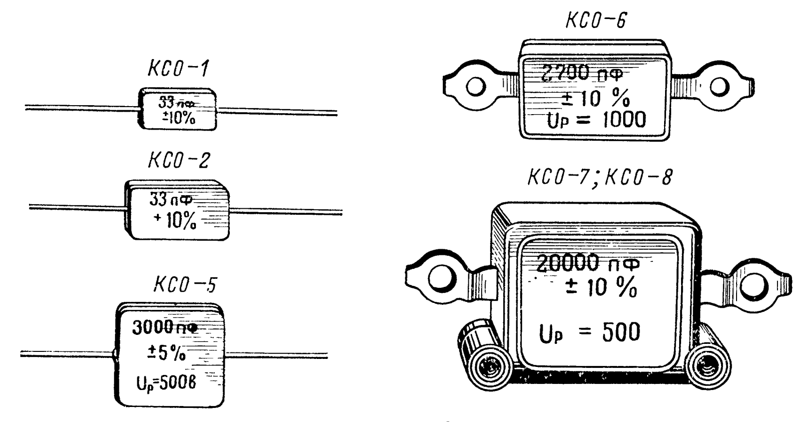


Рис. 10-44.

Бумажные конденсаторы

Электроды бумажного конденсатора — ленты из алюминиевой фольги, а диэлектрик — находящиеся между электродами ленты из специальной (конденсаторной) бумаги, пропитанной вазелином или минеральным маслом.

Таблица 10-52

Слюдяные конденсаторы

Тип	Размеры корпуса не более, мм	$U_{C\,ном}$, В	$C_{ном}$, пФ	$P_{q\,макс}$, В · Ар
КСО-1	14×8×5	250	51—750	5
КСО-2	19×12×6	500	100—2 400	10
КСО-5	21×21×10	250 500	7 500—10 000 470—10 000	20
КСО-6	28×17×10	1 000	1 200—2 700	25
КСО-7	33×30×10	1 000 1 500	2 400—3 300 1 100—2 200	40
КСО-8	33×30×12	250 500 1 000 1 500	10 000—30 000 12 000—30 000 7 500—10 000 4 700—68 000	50
К31У-3Е-1	15×10×7	250	51—510	5
К31У-3Е-2	19×12×7	500	100—1 200	10
К31У-3Е-3	21×21×10	500	470—6 800	20

Примечания: 1 Испытательное напряжение равно $2U_{ном}$.
2. Допустимое отклонение емкости ±2, ±5, ±10 или $\pm20\%$.

Таблица 10-53

Максимально допустимые переменные напряжения для конденсаторов КСО (действующие значения)

Номинальное постоянное напряжение, В	250 и 500	1 000	1 500
Переменное напряжение частотой до 500 Гц, В	175	210	320
Переменное напряжение частотой до 10 кГц, В	100	140	210
Переменное напряжение частотой более 10 кГц, В*	35	35	50

* Но не более вычисленного по формуле $U = 400 \cdot 10^3 \sqrt{\frac{P_q}{fC}}$.

Таблица 10-54

Бумажные конденсаторы в цилиндрических корпусах

$U_{C\,ном}$*, В	$C_{ном}$**		
	БМ	КБГ-М	КБГ-И
150	0,033; 0,047 пФ	—	—
200	3 300—6 800 пФ	0,04; 0,05; 0,07;	1 000—4 700 пФ
200	0,01—0,022 мкФ	0,2; 0,25 мкФ	0,02—0,1 мкФ
300	470—2 200 пФ	—	—
	БМТ		
400	470—6 800 пФ	0,07; 0,1; 0,15;	1 500 пФ
400	0,01—0,22 мкФ	0,2; 0,25 мкФ	0,015; 0,03; 0,04; 0,05 мкФ
600	1 000—6 800 пФ	0,01—0,15 мкФ	470—6 800 пФ
600	0,01—0,22 мкФ		0,01—0,03 мкФ
	К40П-1	К40П-2	К40П-3 (КБ)
200	—	—	0,01—0,47 мкФ
400	3 900—6 800 пФ	1 000—6 800 пФ	4 700; 6 800 пФ
400	0,01—0,18 мкФ	0,01—0,047 мкФ	0,01—0,3 мкФ
600	470—6 800 пФ	—	4 700; 6 800 пФ
600	0,01—0,018 мкФ	—	0,01—0,22 мкФ

* Указано постоянное напряжение. Для конденсаторов БМ, БМТ, К40П-1 и К40П-2 $U_{исп}=2U_{C\,ном}$; для конденсаторов КБГ-М, КБГ-И и К40П-3 $U_{исп}=3U_{C\,ном}$.

** Отклонение от номинала конденсаторов БМ и К40П-3 не более ±10 и $\pm20\%$, для конденсаторов остальных типов ±5, ±10 и $\pm20\%$.

Таблица 10-55

Предельно допустимые переменные напряжения для бумажных конденсаторов

$U_{C\,ном}$*, В	Действующие значения напряжения переменного тока, В, на частотах						
	50 Гц			500 Гц			
	БМ, БМТ 0,068—0,25 мкФ, К40П-1	БМТ до 0,05 мкФ, К40П-2, КБГ-И, КБГ-М	К40П-3 (КБ)	БМ, БМТ 0,068—0,25 мкФ, К40П-1	БМТ до 0,05 мкФ	К40П-2, КБГ-И, КБГ-М	К40П-3 (КБ)
150	100	—	—	60	—	—	—
200	150	160	100	75	—	100	50
300	230	—	—	120	—	—	—
400	200	250	160	100	150	125	80
600	250	300	200	125	175	150	600

* Указано постоянное напряжение.

Ленты свернуты в рулоны, называемые конденсаторными секциями. Секции заключены в защитные кожухи (табл. 10-54, 10-55 и рис. 10-45).

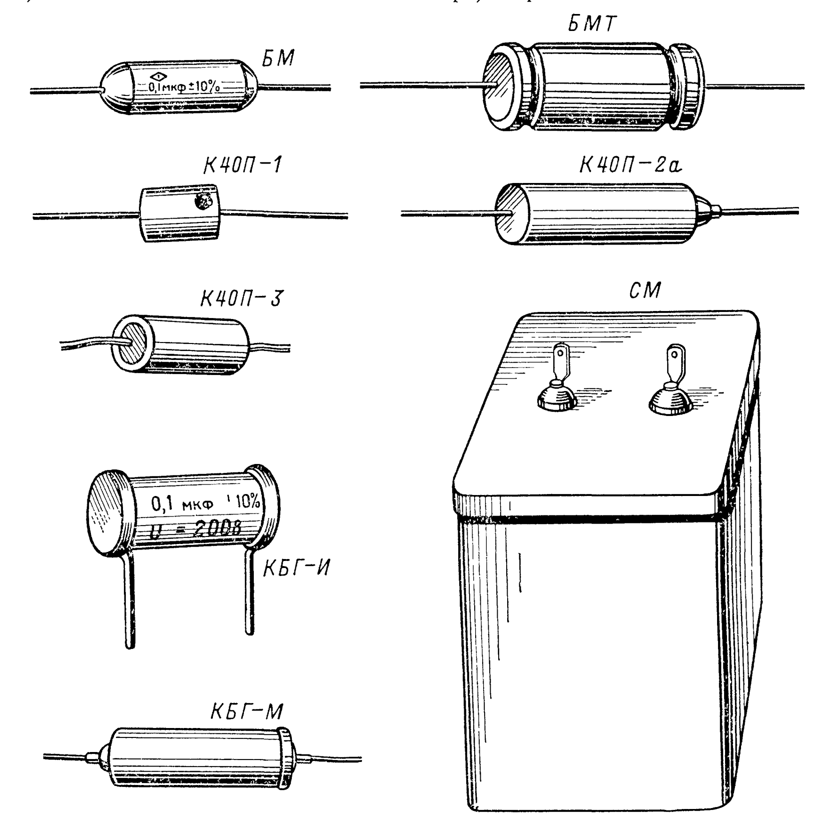


Рис. 10-45.

При изменении температуры от 20 °C до $t_{с.\,макс}$ емкость бумажных конденсаторов изменяется не более чем на 2%.

Конденсатор БМ — Бумажный Малогабаритный. Цилиндрическая секция заключена в металлическую трубку диаметром 5—7,5 и длиной 17—24 мм (в зависимости от номинального напряжения и емкости конденсатора). Проволочные выводы от электродов выходят наружу через торцы трубки, залитые эпоксидным компаундом. В конденсаторах БМ-2 выводы спаяны с электродами, а в БМ-1 контакт между ними осуществлен без пайки. Конденсаторы БМ-1 в цепях

с напряжениями менее 10 В работают ненадежно; $t_{\text{с. макс}} = 70$ °С.

Конденсатор БМТ — Бумажный Малогабаритный Теплостойкий ($t_{\text{с. макс}} = 100$ °С). Цилиндрическая секция заключена в металлическую трубку диаметром 6—16 и длиной 24—45 мм. Проволочные выводы выходят через резиновые торцевые изоляторы.

Конденсаторы К40П-1. Цилиндрическая секция опрессована пластмассой. Проволочные выводы выходят из торцов корпуса, имеющего диаметр 7—13 и длину 25—45 мм; $t_{\text{с. макс}} = 70$ °С.

Конденсаторы К40П-2 и КБГ-М — Конденсатор Бумажный Герметичный в Металлическом трубчатом корпусе. В конденсаторах К40П-2а и КБГ-М1 с корпусом соединен один из электродов, а в конденсаторах К40П-2б и КБГ-М2 от корпуса изолированы оба электрода. Изолированные проволочные выводы выходят из корпусов через стеклянные изоляторы. Диаметры корпусов конденсаторов К40П-2—6 или 11, длина 24—29 мм. Диаметры корпусов конденсаторов КБГ-М 10—17 и длина 38—50 мм.

Для К40П-2 $t_{\text{с. макс}} = 85$ °С и для КБГ-М $t_{\text{с. макс}} = 70$ °С.

Конденсатор КБГ-И — Конденсатор Бумажный Герметичный в корпусе из Изоляционного материала — имеет секцию, заключенную в цилиндрический корпус из белой глазурованной керамики. На его торцы напаяны металлические колпачки с ленточными «хвостами» для включения (припайки) в схему. Диаметр корпуса с колпачками 8—16 мм, длина 15—26 мм, $t_{\text{с. макс}} = 70$ °С.

Конденсатор К40П-3 (старое название КБ). Конденсаторная секция заключена в пропитанный церезином картонный цилиндр диаметром 13—32 и длиной 34 или 54 мм. Проволочные выводы от обкладок выходят из торцов корпуса; $t_{\text{с. макс}} = 60$ °С.

Конденсатор СМ используется в феррорезонансных стабилизаторах напряжения. Секции заключены в металлический корпус размером 95 × 80 × 115 мм. Контактные лепестки расположены на стеклянных выводных изоляторах. Номинальное эффективное переменное напряжение 650 В (при частоте 50 Гц). Номинальная емкость 5 или 3,5 мкФ ±10 или ±20%; $t_{\text{с. макс}} = 60$ °С.

Металлобумажные конденсаторы

Диэлектрик металлобумажного конденсатора — ленты из конденсаторной бумаги, покрытые слоем эцетилцеллюлозного лака, а электроды — тонкие слои сплава олова и цинка (или алюминия), нанесенные на бумагу поверх слоя лака. В конденсаторах на $U_{C\ \text{ном}} \geq 400$ В (кроме конденсаторов МБГО) между металлизированными имеются неметаллизированные бумажные ленты. Ленты свернуты вместе в рулон — секцию, которую пропитывают церезином. Металлобумажные конденсаторы имеют значительно меньшие объемы, чем бумажные таких же номинальных емкостей и напряжений. Особенность их в том, что они самовосстанавливаются при возникновении электрического пробоя диэлектрика; через место пробоя возникает разрядный ток, мгновенно расплавляющий металлизацию вокруг этого места. В результате на бумаге вокруг места пробоя не остается металлического слоя, оно оказывается изолированным от электродов и разряд прекращается: $t_{\text{с. макс}} = 70$ °С (для МБГО до 60 °С).

Конденсаторы МБМ и МБМЦ — МеталлоБумажные Малогабаритные Цилиндрические на номинальные напряжения 200 и 400 В — цилиндрические металлические трубки диаметром 6—18 мм и длиной 22—60 мм (рис. 10-46 и табл. 10-56), внутри которых находятся секции. Торцы трубки залиты

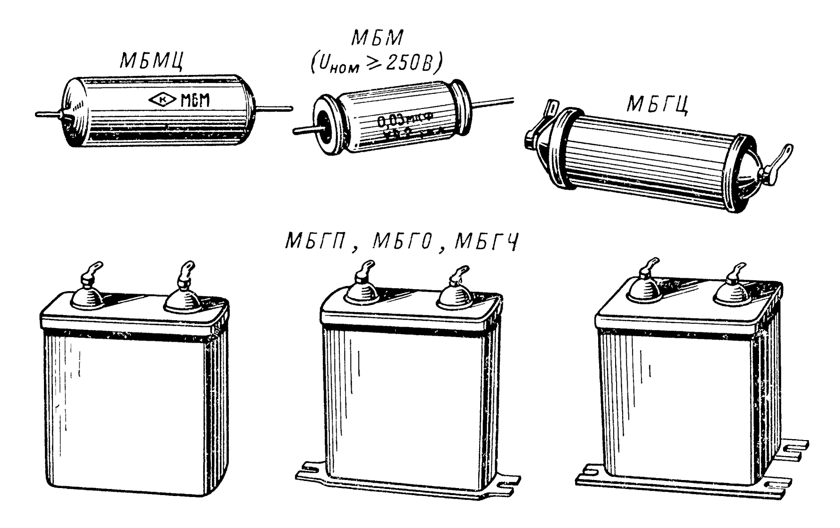


Рис. 10-46.

эпоксидным компаундом, через который выходят наружу проволочные выводы от электродов. У конденсаторов МБМ проволочные выводы выходят через торцевые резиновые изоляторы; диаметры корпусов этих конденсаторов 9—20 и длина 25—51 мм.

Конденсаторы МБМ и МБМЦ можно включать в цепи переменного тока с напряжениями, не превышающими следующих величин (действующие значения) при $f \leqslant 1$кГц

$U_{C_{\text{ном}}}$, В	200	250	400—750	1000 и 1500
$U_{\sim}$, В	50	60	100	150

Конденсатор МБГЦ — МеталлоБумажный Герметичный Цилиндрический — имеет металлический корпус диаметром 11—19 и длиной 37—51 мм. Одна из обкладок конденсатора МБГЦ-1 соединена с корпусом, а вывод другой от него изолирован; у конденсатора МБГЦ-2 обе обкладки изолированы от корпуса. Изолированные выводы выходят из корпуса через стеклянные изоляторы, впаянные в его торцы. На изоляторах имеются контактные лепестки для включения в схему пайкой.

Конденсаторы МБГП — МеталлоБумажный Герметичный в Прямоугольном корпусе и **МБГО** — МеталлоБумажный Герметичный с Однослойным диэлектриком имеют по одной или по несколько соединенных впараллель секций, заключенных в металлические корпуса прямоугольного сечения. Выводы обкладок проходят через стеклянные изоляторы на верхней крышке корпуса. На изоляторах имеются контактные лепестки для включения конденсаторов в схему пайкой.

Размеры корпусов конденсаторов МБГП: длина 31—72, ширина 11—110 и высота 25—118 мм. Размеры корпусов конденсаторов МБГО: длина 31 или 46, ширина 11—77 и высота 25 или 50 мм.

Конденсатор МБГЧ — МеталлоБумажный Герметичный Частотный специально рассчитан для применения в цепях переменного тока. Конструктивно подобен конденсатору МБГП. Секции соединены последовательно. Размеры корпусов: длина 31, 46 или 72, ширина 11—62 и высота 26—118 мм.

В цепях с частотой переменного тока более 50 Гц допустимые напряжения снижаются до следующих значений: при 100 Гц до 0,75 $U_{C\,\text{ном}}$, при 500 Гц до 0,5 $U_{C\,\text{ном}}$, при 1 кГц до 0,2 $U_{C\,\text{ном}}$ и при 2 кГц до 0,1 $U_{C\,\text{ном}}$.

Таблица 10-56

Металлобумажные конденсаторы

$U^{*}_{C\,\text{ном}}$, В	$C_{\text{ном}}$**, мкФ				
	МБМ, МБМЦ ***	МБГЦ	МБГП	МБГО	МБГЧ
160	—	—	1—30	2—30	—
200	0,25—1	0,25—1	0,5—25	—	—
250	0,05—1	—	1—10	—	0,5—10
300	—	—	—	1—30	—
380	—	—	—	—	1
400	0,05—1	0,1—0,5	0,25—10	1—20	—
500	0,025—0,5	—	—	0,5—20	0,25—4
600	—	0,025—0,25	0,1—10	0,25—10	—
750	0,01—0,25	—	—	—	0,25—2
1 000	0,01—0,1	—	0,5—10	—	0,25—1
1 500	0,0051—0,1	—	0,25—10	—	—

* Для конденсаторов МБГЧ — действующее значение переменного напряжения частотой 50 Гц; для конденсаторов остальных типов — значение постоянного напряжения.

Для конденсаторов МБГО $U_{\text{исп}} = U_{C\,\text{ном}}$, для МБГЧ $U_{\text{исп}} = 1{,}4\,U_{C\,\text{ном}}$ и для конденсаторов остальных типов $U_{\text{исп}} = 1{,}5\,U_{C\,\text{ном}}$.

** Отклонение от номинальной емкости не более ±10 или ±20% (конденсаторы МБГЦ и МБГП, кроме того, изготавливают с допуском не более ±5%).

*** Конденсаторы МБМ выпускают с $U_{C\,\text{ном}} = 250$, 500, 750, 1 000 и 1 500 В, а МБМЦ с $U_{C\,\text{ном}} = 200$ и 400 В.

Пленочные и металлопленочные конденсаторы

Электродами пленочных конденсаторов являются ленты из алюминиевой фольги, а диэлектриком — находящиеся между ними ленты из полистирольной пленки (стирофлекс), фторопласта-4 или полиэтилентерефталата (лавсан). Все ленты свернуты вместе в рулон, образуя конденсаторную секцию. От воздействия температуры 220—300 °С слои полистирольной пленки спекаются между собой, чем обеспечивается плотное прилегание фольги к пленке. Электроды металлопленочных конденсаторов — тонкие металлические слои, нанесенные на поверхность пленки (табл. 10-57).

Таблица 10-57

Пленочные и металлопленочные конденсаторы

Тип конденсатора	$C_{ном}$ (допуск ±5; ±10; ±20%)	$U_{C\,ном}$, В	Допустимая амплитуда переменного напряжения, В, на частотах					
			до 500 Гц	500 Гц—1 кГц	1—5 кГц	5—10 кГц	10—100 кГц	100 кГц—1 МГц
ПМ-1, ПМ-2	100—1 000 пФ	70	70				30	10
ПО	15 пФ—12 нФ	500	200				70	10
ПО	15—33 нФ	300	200				50	5
ПОВ	120 пФ	20 000	—				—	—
ПОВ	390 пФ	10 000	—				—	—
ПОВ	390 пФ	16 000	—				—	—
МПО	1 000 пФ — 0,1 мкФ	600	250	100	50			
МПО	3 000 пФ—0,25 мкФ	400	250	100	20			
МПО	0,25 и 0,5 мкФ	200	200	100	—			
К74-5	1 000 пФ — 0,22 мкФ	50	12,5		5	2,5	1,2 (до 20 кГц)	

Конденсаторы ПМ-1 — Полистирольные Малогабаритные, модель 1, **ПО** — Полистирольные Открытые, **ПОВ** — Полистирольные Открытые Высоковольтные представляют собой цилиндрические секции, из торцов которых выходят проволочные выводы; кожухов конденсаторы не имеют. Размеры конденсаторов: ПМ-1 — диаметр 3—10, длина 8—18 мм; ПО — диаметр 12—24, длина 27—49 мм; ПОВ — диаметр 11—21 мм, длина 34—40 мм.

Конденсаторы ПМ-2 — Полистирольные Малогабаритные, модель 2, и **МПО**. Секция заключена в металлическую цилиндрическую трубку. Проволочные выводы выходят из торцов трубки, залитых эпоксидным компаундом. Размеры корпуса ПМ-2 — диаметр 4—12, длина 14—24 мм. Размеры корпуса МПО — диаметр 7—24, длина 21—62 мм.

Конденсаторы К74-5. Диэлектрик — полиэтилентерефталат. Секция заключена в плоский алюминиевый корпус высотой 13,5 мм. В зависимости от емкости конденсатора длина корпуса изменяется в пределах 5—16, а ширина 2,5—10 мм. Выводы проволочные, параллельные.

Электролитические конденсаторы

Диэлектриком электролитического конденсатора является слой окиси на ленте из алюминиевой фольги; одна из обкладок (анод) — лента, а вторая обкладка (катод) — бумага, пропитанная смесью борной кислоты и жидкости типа глицерина. Электрический контакт с катодом осуществляется другой неоксидированной лентой.

Выпускаются электролитические конденсаторы на номинальные напряжения постоянного тока 3—450 В с номинальными емкостями 1—4 000 мкФ. Допускаемое отклонение от номинальной емкости при температуре 15—25 °С от +80 до —20% (для малогабаритных конденсаторов ЭМ до +100%).

Преимущество электролитических конденсаторов перед конденсаторами всех других систем: при относительно малых размерах — большие емкости (большие удельные емкости). Недостаток — значительное уменьшение емкости при понижении температуры и существенный рост тока утечки через диэлектрик при повышенных температурах.

Минимальная температура, при которой электролитический конденсатор считается работоспособным, — температура, при которой его емкость снижается не более чем в 2 раза по сравнению с емкостью, измеренной при температуре 20 °С. Эта температура имеет следующие значения:

для конденсаторов КЭ-1Н, КЭ-2Н, ЭМ-Н, К50-6 и К50-7 — минус 10 °С;

для конденсаторов КЭ-1Н, КЭ-2М, ЭМ-М, К50-3 и К50-3Б — минус 40 °С;

для конденсаторов КЭ-1ПМ и КЭ-2ПМ — минус 50 °С;

для конденсаторов КЭ-1ОМ, КЭ-2ОМ и К50-3А — минус 60 °С.

Максимальная температура окружающей среды для конденсаторов КЭ-1, КЭ-2 и ЭМ всех литеров, К50-3, К50-3А, К50-6 и К50-7 при рабочем напряжении не более номинального — плюс 70 °С; для конденсаторов К50-3А при рабочем напряжении не более номинального, для конденсаторов К50-6 при рабочем напряжении не более половины номинального и для конденсаторов К50-7 при рабочем напряжении не более $^2/_3$ номинального значения — плюс 85 °С.

Особенности эксплуатации. Электролитические конденсаторы работоспособны при условии, если анод конденсатора имеет постоянный положительный потенциал по отношению к катоду. Включение конденсатора с обратной полярностью ведет к его пробою.

При длительном пребывании конденсатора без напряжения пропитывающая бумагу жидкость растворяет слой окиси на алюминий, снижая его диэлектрические свойства. Поэтому в момент включения напряжения на конденсатор его ток утечки очень велик. Под действием напряжения слой окиси «формуется», ток утечки снижается и через несколько минут стабилизируется.

Со временем диэлектрические свойства окиси ухудшаются вследствие частичного испарения пропитывающей жидкости, что

ведет к необратимому уменьшению емкости конденсатора. При повышенной температуре процесс этот ускоряется. Через 5000—10 000 ч работы можно ожидать снижения емкости отдельных конденсаторов примерно на 30%.

Конденсаторы КЭ-1 и К50-6 имеют корпус в виде тонкостенного стакана из алюминия с крышкой из изоляционного материала (рис. 10-47 и 10-48). Катод конденсатора

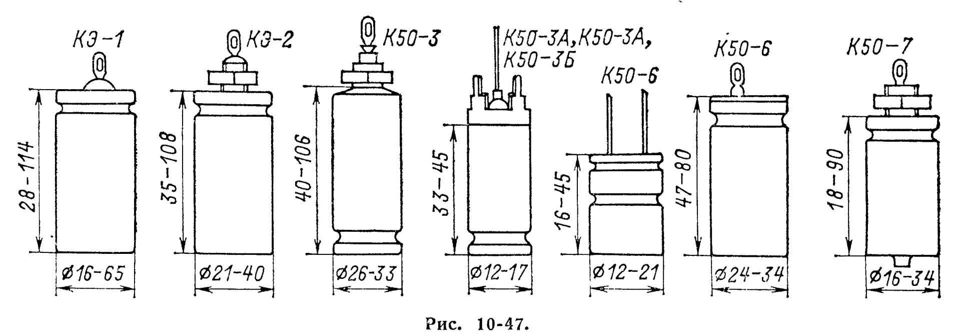


Рис. 10-47.

КЭ-1 соединен с корпусом, а анод выведен к контактному лепестку на крышке. Конденсаторы К50-6 имеют изолированные лепестковые или проволочные выводы. Крепление конденсаторов на монтажных панелях осуществляется скобами или хомутами.

Конденсаторы КЭ-2 и К50-7. Корпус — тонкостенный стакан из алюминия. Пластмассовая крышка корпуса составляет одно целое со втулкой с резьбой, предназначенной для

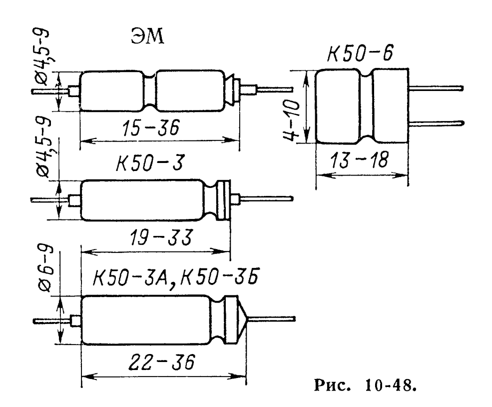


Рис. 10-48.

крепления конденсатора в отверстии монтажной панели с помощью гайки, штампованной из листовой стали. Анод выведен к контактному лепестку на крышке, катод соединен с корпусом.

Особенности конденсаторов К50-7: а) меньшие габариты по сравнению с КЭ-1 и КЭ-2 при тех же $C_{ном}$ и $U_{C\,ном}$; б) допускается кратковременное повышение напряжения на 15% выше номинального значения; в) в дне корпуса имеется предохранительный клапан (резиновая пробка), обеспечивающий выход газов из конденсатора в случае недопустимого повышения их давления.

Конденсаторы ЭМ — Электролитические Малогабаритные — имеют корпуса в виде тонкостенных алюминиевых гильз. Выводы проволочные, анод выведен через резиновый изолятор.

Конденсаторы К50-3, К50-3А и К50-3Б выпускаются в трех конструктивных вариантах: а) с резьбовой втулкой для крепления в отверстии монтажной панели, вывод анода — лепесток (рис. 10-47); б) с отгибающимися лапками для крепления при печатном монтаже, вывод анода проволочный; $U_{C\,ном} \leqslant 160$ В; а) малогабаритные для навесного монтажа (по типу ЭМ), выводы анода и катода проволочные (рис. 10-48); $U_{C\,ном} \leqslant 100$ В.

Катод конденсаторов всех видов соединен с корпусом, анод изолирован.

Конденсаторы ЭТО-1 и ЭТО-2 — Электролитические Танталовые с Объемнопористыми анодами. Корпуса грибовидные, наполнены жидким кислотным электролитом. Анод конденсатора — цилиндр, спрессованный из зерен металла тантала и подвергнутый обжигу, во время которого зерна спекаются между собой. Диэлектрик — тонкая пленка окиси тантала на поверхностях зерен. Вывод от анода — контактный лепесток, изолированный от корпуса прокладкой из резины и диском из стеклотекстолита. Катод конденсатора — электролит, а его вывод — корпус конденсатора.

Конденсаторы ЭТО-1 имеют диаметр 14 и высоту 10 мм; выпускаются со следующими номинальными напряжениями и емкостями: 6 В, 80 мкФ; 15 В, 50 мкФ; 25 В, 30 мкФ; 50 В, 20 мкФ; 70 В, 15 мкФ; 90 В, 10 мкФ.

Конденсаторы ЭТО-2 имеют диаметр 24 и высоту 14 мм; их номинальные напряжения и емкости: 6 В, 1 000 мкФ; 15 В, 400 мкФ; 25 В, 300 мкФ; 50 В, 200 мкФ; 70 В, 150 мкФ; 90 В, 100 мкФ.

10-8. МАГНИТНЫЕ СЕРДЕЧНИКИ ДЛЯ КАТУШЕК ИНДУКТИВНОСТИ И ТРАНСФОРМАТОРОВ

Основные параметры ферромагнитных материалов

Магнитная проницаемость μ — величина, показывающая, во сколько раз создаваемое электрическим током магнитное поле

усиливается материалом по сравнению с магнитным полем, создаваемым током такой же величины в пустоте. У ферромагнитных материалов $\mu > 1$.

Начальная магнитная проницаемость $\mu_{нач}$ — проницаемость, которую материал имеет в слабом магнитном поле (напряженностью порядка 0,001 Э и менее). Практически такие условия имеют место в высокочастотных контурах приемной аппаратуры.

Максимальная магнитная проницаемость $\mu_{макс}$ — значение магнитной проницаемости материала при некоторой напряженности магнитного поля, превышение которой ведет к существенному снижению магнитной проницаемости материала. В очень сильном поле величина магнитной проницаемости приближается к единице, т. е. магнитный материал перестает влиять на величину магнитного поля.

Эффективная магнитная проницаемость сердечника $\mu_{эфф}$ — отношение индуктивности катушки с данным сердечником при слабом магнитном поле к ее индуктивности в отсутствие сердечника. В кольцевом (тороидальном) сердечнике при малой напряженности магнитного поля $\mu_{эфф}$ практически равна $\mu_{нач}$; для сердечников других видов $\mu_{эфф} < \mu_{нач}$ и зависит от формы сердечника и размещения на нем катушки. В случае стержневого сердечника $\mu_{эфф}$ зависит от положения его по отношению к катушке; в случае броневого сердечника с подстроечником изменяется при изменении положения подстроечника.

В справочниках приводят значения $\mu_{эфф}$, измеренные при определенных (эталонных) катушках.

Граничная частота. Потери в магнитном материале увеличиваются с повышением частоты. Граничной частотой считают частоту, при которой тангенс угла потерь возрастает до 0,1 (0,02), что соответствует снижению добротности сердечника до значения 10 (или 50). Определяют тангенс угла потерь (добротность), измеряя на различных частотах реактивное сопротивление и сопротивление потерь эталонной катушки с сердечником. Поскольку на ВЧ потери на сопротивлении обмотки значительно меньше потерь в магнитном материале, считают, что полученная при измерении величина потерь полностью относится к сердечнику. Частота, при которой тангенс угла потерь (добротность) достигает указанной выше величины, будет граничной.

Граничная частота сердечника является условным параметром; потери в сердечнике зависят не только от марки материала, но и от формы сердечника, и поэтому сердечники разной формы из феррита одной и той же марки имеют различные граничные частоты. Граничная частота цилиндрического сердечника в 2—3 раза выше граничной частоты тороидального сердечника из феррита такой же марки.

Сердечники из магнитодиэлектриков и ферритов

Сердечники из магнитодиэлектриков. Такие сердечники, применяемые в ВЧ катушках и трансформаторах, представляют собой изделия пластмассового типа, изготовленные из порошкообразного ферромагнитного материала — альсифера, карбонильного железа или магнетита с изоляционным связующим материалом — полистиролом, бакелитовыми смолами или стеклоэмалью. Соответственно сердечники называются альсиферовыми, карбонильными и магнетитовыми.

Альсифер — сплав, содержащий около 7,5% алюминия, 9% кремния, остальное — железо.

Карбонильное железо — высокодисперсный порошок, состоящий в основном из частиц сферической формы размером 1,5—3,5 мкм слоистой («луковичной») структуры. Последняя обеспечивает меньшую удельную проводимость по сравнению с обычным чистым железом. Карбонильное железо содержит 97,2—98,8 вес. % железа, 0,6—1,2 вес. % углерода, 0,8—1,2 вес. % кислорода и 0,5—1 вес. % азота. Сера, фосфор и кремний полностью отсутствуют.

Магнетит — это магнитный железняк (минерал).

Сердечники из ферритов. Простой феррит представляет собой неметаллический материал на основе окиси-закиси железа, в котором часть атомов замещена атомами двухвалентного металла: никеля, цинка, марганца, лития, бария. Сердечники изготовляют из твердых растворов двух-трех простых ферритов. Последние имеют кристаллическую структуру.

По своим свойствам, которые определяют области применения, ферриты делятся на магнитомягкие, с прямоугольной петлей гистерезиса, магнитострикционные и магнитотвердые (ферриты бария) — ферроксдюры.

Сердечники из ферритов с прямоугольной петлей гистерезиса применяются в элементах памяти логических схем, магнитострикционные — в генераторах звуковых и ультразвуковых колебаний и в электромеханических фильтрах, а ферриты бария — для изготовления постоянных магнитов громкоговорителей и других приборов.

Радиолюбители-конструкторы в своей практической деятельности имеют дело почти исключительно с сердечниками из магнитомягких ферритов, применяя их в ВЧ катушках, дросселях и трансформаторах, в магнитных антеннах, в трансформаторах строчной развертки и отклоняющих системах телевизоров, в трансформаторах преобразователей постоянного напряжения, в магнитных усилителях.

Среднее значение $\mu_{нач}$ магнитомягкого феррита указывает число в обозначении его марки. Следующая за числом буква Н указывает, что феррит является низкочастотным (для материалов этого типа к низким условно относят частоты примерно до 10 МГц). Вторая буква М показывает, что феррит является марганцово-цинковым (твердый раствор марганцевого и цинкового ферритов), вторая буква Н указывает, что феррит является никель-цинковым или литий-цинковым.

Сердечники из ферритов с магнитной проницаемостью $\mu_{нач} > 600$ применяют обыч-

но в катушках, работающих на частотах не выше 1,6 Мгц (контуры ДВ и СВ диапазонов, трансформаторы строчной развертки телевизоров). Сердечники из феррита марки 400НН можно применять на частотах до 3—5 мГц ($\lambda = 100 \div 60$ м), а из феррита марки 200НН — до 10—12 МГц ($\lambda = 30 \div 25$ м). При более высоких частотах резко увеличиваются потери в сердечниках и уменьшается магнитная проницаемость.

СЦГ (рис. 10-49, *б*) вставляют внутрь катушек (или катушки наматывают на них, когда требуется постоянная индуктивность). Карбонильные сердечники такой же формы, но с впрессованными в них латунными шпильками с резьбой (типа СЦШ) используют в качестве подстроечников.

Когда сердечник СЦГ или СЦШ полностью введен в катушку, то $\mu_{эфф} \approx 1,9$ (измеряется на частоте 6 МГц).

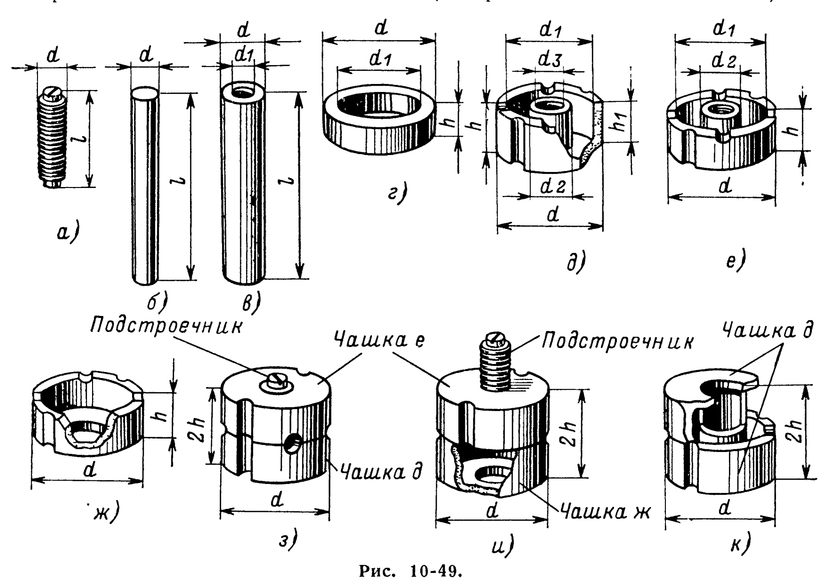


Рис. 10-49.

Карбонильные цилиндрические сердечники-подстроечники типа СЦР с резьбой (рис. 10-49, *а*, табл. 10-58) помещают внутрь каркасов катушек, на внутренней поверхности которых имеется резьба. Вращением сердечника изменяют его объем внутри катушки и тем самым изменяют индуктивность. При сердечнике, полностью введенном в катушку, $\mu_{эфф} \approx 1,6$ (измеряется на частоте 15 МГц).

Карбонильные цилиндрические сердечники-подстроечники гладкие. Сердечники типа

Ферритовые сердечники-подстроечники. В качестве подстроечников катушек индуктивности, наматываемых на унифицированные каркасы, используются цилиндрические ферритовые сердечники диаметром 2,8 и длиной 10—14 мм. В каркасах диаметром 6 мм для однослойной намотки катушек КВ диапазонов применяют подстроечники из феррита марки 100НН, а в трехсекционных каркасах высотой 21—27 мм для многослойных катушек СВ и ДВ диапазонов — из феррита марки 600НН.

Таблица 10-58

Карбонильные цилиндрические сердечники

Параметры	Тип сердечника						
	СЦР-1	СЦР-2	СЦР-3	СЦР-4	СЦР-5	СЦР-6	СЦР-7
Длина l, мм	10	19	10	19	10	19	10
Резьба	1М6×0,75	1М6×0,75	1М7×0,75	1М7×0,75	1М8×1	1М8×1	1М9×1

Параметры	Тип сердечника						
	СЦР-8	СЦШ-1	СЦШ-2	СЦГ-1	СЦГ-2	СЦТ-1	СЦТ-2
Длина l, мм	19	10	19	10	19	10	19
Диаметр d, мм (резьба)	1М9×1	9,3	9,3	9,3	9,3	9,3	9,3
Диаметр d_1, мм	—	—	—	—	—	3,2	3,2

Сердечники для магнитных антенн. Магнитные антенны СВ и ДВ диапазонов выполняют преимущественно на цилиндрических сердечниках диаметром 8 и длиной 60—160 мм из феррита марки 400НН или на плоских сердечниках из феррита марки 400НН стандартных размеров: $3 \times 20 \times 10$; $3 \times 20 \times 115$; $3 \times 20 \times 125$; $4 \times 16 \times 80$; $4 \times 16 \times 100$; $4 \times 16 \times 125$ мм. Расчет магнитных антенн на таких сердечниках — см. § 2-3.

Кольцевые (тороидальные) сердечники изготавливают из никель-цинковых ферритов марок 200НН — 2000НН и 20ВЧ — 150ВЧ, имеют размеры $d \times d_1 \times h$ от $4 \times 2{,}5 \times 1{,}6$ до $45 \times 28 \times 8$ мм (рис. 10-49, *г*).

Если неизвестна магнитная проницаемость феррита, из которого изготовлен кольцевой сердечник, то ее можно определить следующим образом. Наматывают равномерно по всей длине кольца пробную катушку, содержащую $w_{пр}$ витков, измеряют ее индуктивность и вычисляют магнитную проницаемость сердечника по формуле

$$\mu = \frac{2{,}5 \cdot 10^3 L_{пр}\,(d + d_1)}{w_{пр}^2 h\,(d - d_1)},$$

где $L_{пр}$ — измеренная индуктивность пробной катушки в микрогенри.

Броневые сердечники (табл. 10-59). Карбонильный броневой сердечник состоит из двух чашек, в одну из которых ввинчивается подстроечник из карбонильного железа; сердечник с замкнутой магнитной цепью (рис. 10-49, *з*) имеет в обозначении букву «а» а с незамкнутой (рис. 10-49, *и*) — букву «б».

В радиовещательной приемной аппаратуре распространены броневые сердечники из феррита марки 600НН с замкнутой магнитной цепью (рис. 10-49, *к*) внешним диаметром 8,6 и 11,5 мм. Они имеют цилиндрические подстроечники из такого же материала, впрессованные в полистироловые втулки, которые ввинчиваются в каркасы катушек. Таким способом изменяют положение подстроечника и, следовательно, индуктивность катушки.

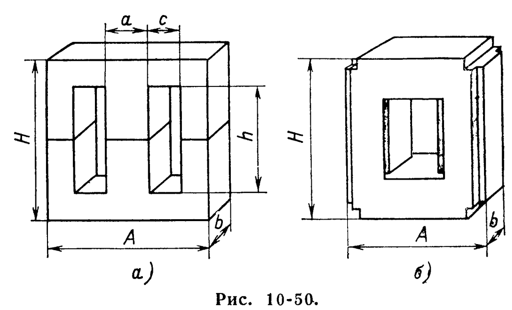


Рис. 10-50.

Ш-образные ферритовые сердечники (рис. 10-50, *а*, табл. 10-60). Сердечник состоит из двух Ш-образных частей со шлифованными поверхностями их стыка. Изготовляют такие сердечники из ферритов с относительно небольшой магнитной проницаемостью. Применяют Ш-образные сердечники в выходных и других НЧ трансформаторах, в трансформаторах транзисторных преобразователей постоянного напряжения, в трансформаторах строчной развертки телевизоров.

Сердечники унифицированных трансформаторов ТВС (строчной развертки телевизоров) собраны из двух П-образных частей (рис. 10-50, *б*), изготовленных из феррита марки 600НН. Размеры сердечника: $A = 53$ мм, $H = 62{,}4$ мм, $b = 15$ мм.

Таблица 10-59

Карбонильные броневые сердечники

Тип сердечника	СБ-6а	СБ-9а (СБМ, СБ0а)	СБ-12а (СБ1а)	СБ-12б (СБ1б)	СБ18а	СБ-23-11а (СБ2а)	СБ-23б (СБ2б)	СБ-23-17а (СБ3а)	СБ-28а (СБ4а)	СБ-34а (СБ5а)
Размеры сердечников и составляющих их чашек (рис. 10-49, д—и)										
d, мм	6,5	9,6	12,3		18	23,0		23	28	34,0
d_1, мм	4,9	7,5	10,0		14	18,5		18	22	27,0
d_2, мм	3,0	4,6	6,0		9	10,0		11	13	13,5
d_3, мм	М2	М3	М4		М5	1М7×0,75		1М7×0,75	1М8×1	
h не более, мм	3,2	3,8	5,3		7,4	5,7		8,7	11,7	14,2
h_1 не более, мм	2,0	2,1	4,1		5,7	3,1		6,0	8,5	10,2
Размеры подстроечников (рис. 10-49, а)										
Резьба	М2	М3	М4		М5	1М7×0,75		1М7×0,75	1М8×1	
l, мм	7,5	8,0	11,5		13,5	13,0		19,0	25,0	30,0
Эффективная магнитная проницаемость в отсутствие подстроечника										
$\mu_{эфф}$ не менее	1,7	1,7	3,0	1,7		2,8	1,8	3,4	3,7	3,4

Таблица 10-60

Ферритовые броневые сердечники из Ш-образных частей

Тип сердечника	Размеры (рис. 10-50, *а*)					Площадь сечения S, см²
	A, мм	H, мм	b, мм	c, мм	h, мм	
Ш2,5×2,5	10	10	2,5	2,0	6,5	0,06
Ш3×3	12	12	3	2,5	8,0	0,09
Ш4×4	16	16	4	3,2	10,4	0,16
Ш5×5	20	20	5	4,0	13	0,25
Ш6×6	24	24	6	5,0	16	0,36
Ш7×7	30	30	7	6,0	19	0,49
Ш8×8	32	32	8	7,5	23	0,64
Ш10×10	36	36	10	8,0	26	1,0

Сердечники для низкочастотных трансформаторов и дросселей

Материал для сердечников. Пластины для сборки сердечников (магнитопроводов) трансформаторов и дросселей (рис. 10-51, 10-52, табл. 10-61) штампуют из листовой электротехнической стали. В сердечниках трансформаторов питания применяют пластины из стали марок Э41, Э42 толщиной 0,35—0,5 мм, а в сердечниках трансформаторов НЧ — из стали марок Э42, Э43, Э310 — Э330 толщиной 0,2—0,35 мм. Витые сердечники (рис. 10-53, табл. 10-62) изготавливают из ленточной (рулонной) электротехнической стали марок Э310 — Э330 преимущественно толщиной 0,2 мм.

Электрическая сталь содержит не более 1% углерода. Для снижения магнитных потерь в ней имеется кремний, средний процент которого указывает первая цифра в обозначении марки стали. Чем больше второе число, тем меньше потери в стали. Нуль в конце обозначения указывает, что это холоднокатаная сталь.

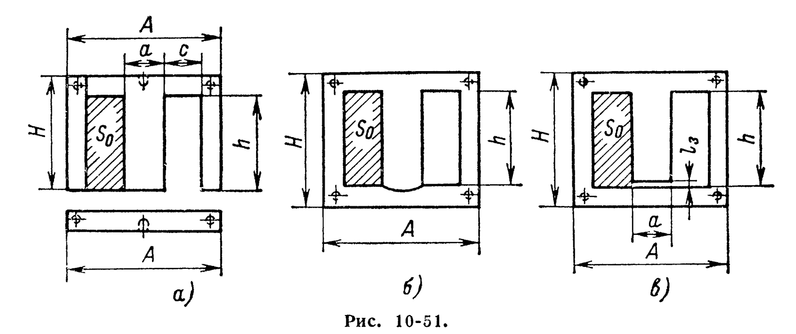


Рис. 10-51.

Сердечники НЧ трансформаторов, работающих при слабых магнитных полях, часто изготавливают из листовых пермаллоев. Это позволяет уменьшить размеры сердечников. Пермаллои представляют собой сплавы никеля и железа с примесью других химических элементов. Число в обозначении марки пермаллоя указывает процент содержания в нем никеля, буква Н обозначает никель, а следующие буквы — примеси: М — молибден, Х — хром, С — кремний, А — алюминий. Например, пермаллой марки 79НМ содержит 79% никеля, примесь молибдена, остальное — железо.

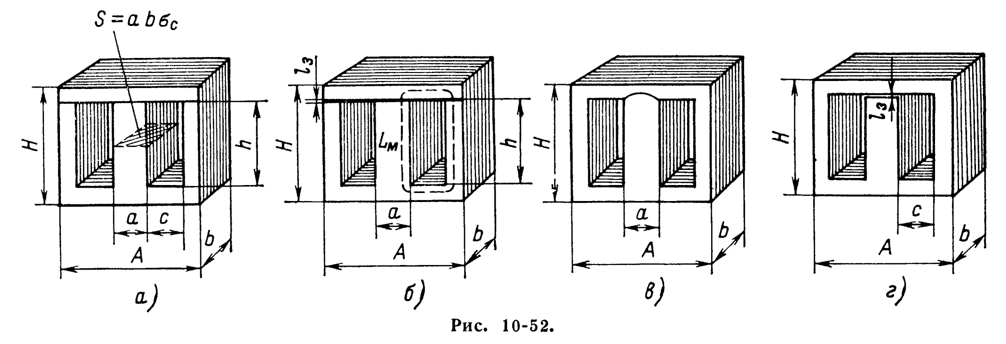


Рис. 10-52.

Таблица 10-61

Броневые сердечники из пластин

Тип сердечника *	Размеры (рис. 10-51 и 10-52)				S, см²	$l_м$, см	$l_в$, см	J_{50}, А/мм²	P_{50}, В · А	N_I витков на вольт	N_{II} витков на вольт
	A, мм	H, мм	c, мм	h, мм							
Ш3×4	12	10,5	3	7,5	0,10	2,7	2,3				
Ш3×6,3	12	10,5	3	7,5	0,16	2,7	2,8				
Ш4×5	16	14	4	10	0,17	3,4	3				
Ш4×8	16	14	4	10	0,27	3,4	3,7				
Ш5×6,3	20	18	5	12,5	0,27	4,3	3,8				
Ш5×10	20	18	5	12,5	0,42	4,3	4,5				
Ш6×8	24	21	6	15	0,41	5,1	4,7	6,0			
Ш6×12,5	24	21	6	15	0,64	5,1	5,6	5,0			
Ш10×10	40	35	10	25	0,9	8,5	6,9	4,8			
Ш10×12,5	40	35	10	25	1,1	8,5	7,4	4,6			
Ш10×16	40	35	10	25	1,4	8,5	8,1	4,4			
Ш10×20	40	35	10	25	1,8	8,5	9	4,1			
УШ10×10	36	31	6,5	18	0,9	5,7	5,8	5,0			
УШ10×15	36	31	6,5	18	1,3	5,7	6,8	4,5			
УШ10×20	36	31	6,5	18	1,8	5,7	7,8	4,0			
Ш12×12	36	30	6	18	1,3	6,7	6,5	5,2			
Ш12×12	42	42	9	30	1,3	9,7	7,5	5,0			
Ш12×12	48	30	12	18	1,3	7,6	8,5	4,5			
Ш12×12	48	42	12	30	1,3	10,3	8,5	4,2			
Ш12×16	42	42	9	30	1,7	9,7	8,3	4,2			
Ш12×16	48	30	12	18	1,7	7,6	9,3	4,3			
Ш12×16	48	42	12	30	1,7	10,3	9,3	4,0			
Ш12×20	48	30	12	18	2,2	7,6	10	4,1			
Ш12×20	48	42	12	30	2,2	10,3	10	3,9			
Ш12×25	48	30	12	18	2,7	7,6	11	4,0			
Ш12×25	48	42	12	30	2,7	10,3	11	3,7			
УШ12×12	44	38	8	22	1,3	6,7	7	4,3			
УШ12×18	44	38	8	22	1,9	6,7	8,2	4,1			
УШ12×24	44	38	8	22	2,6	6,7	9,4	3,8			
Ш16×16	48	40	8	24	2,3	9	8,6	4,7			
Ш16×16	64	56	16	40	2,3	14	11	3,7			
Ш16×20	64	40	16	24	2,9	10,5	12	3,8	11	13,1	17
Ш16×20	64	56	16	40	2,9	14	12	3,5	18	13,2	17
Ш16×24	48	40	8	24	3,5	9	10	4,2	7	11	13,5
Ш16×25	64	40	16	24	3,6	10,5	13	3,6	12	10,4	13
Ш16×25	64	56	16	40	3,6	14	13	3,4	22	10,5	12,7
Ш16×32	48	40	8	24	4,6	9	12	4,1	9	8,3	10
Ш16×32	64	40	16	24	4,6	10,5	14	3,5	15	8,3	10

Продолжение табл. 10-61

Тип сердечника *	Размеры (рис. 10-51 и 10-52)				S, см²	$l_м$, см	$l_в$, см	J_{50}, А/мм²	P_{50}, В · А	N_I витков на вольт	N_{II} витков на вольт
	A, мм	H, мм	c, мм	h, мм							
Ш16×32	64	56	16	40	4,6	14	14	3,2	27	8,3	9,9
УШ16×24	56	48	10	28	3,5	9	11	4,0	8	8,0	9,0
УШ19×19	67	58	12	33	3,2	10,6	11	3,7	12	10,8	13
УШ19×28	67	58	12	33	4,9	10,6	13	3,5	17	6,5	7,3
УШ19×38	67	58	12	33	6,5	10,6	15	3,2	22	5,0	5,6
Ш20×20	60	50	10	30	3,6	12	11	3,5	11	10	12,2
Ш20×20	80	50	20	30	3,6	13	14	3,5	18	10,6	13,2
Ш20×20	80	70	20	50	3,6	17	14	3,2	32	10,7	13,2
Ш20×25	80	50	20	30	4,5	13	15	3,4	22	8,6	10,5
Ш20×25	80	70	20	50	4,5	17	15	3,1	40	8,7	10,4
Ш20×30	60	50	10	30	5,4	11	13	4,3	20	7,0	8,4
Ш20×32	80	50	20	30	5,7	13	16	3,2	27	6,8	8
Ш20×32	80	70	20	50	5,7	17	16	3,0	48	6,9	8
Ш20×40	60	50	10	30	7,2	11	15	4,0	25	5,5	6,4
Ш20×40	80	50	20	30	7,2	13	18	3,1	30	5,4	6,2
Ш20×40	80	70	20	50	7,2	17	18	2,9	55	5,5	6,2
УШ22×22	67	78	14	39	4,4	12	13	3,1	20	8,0	9,3
УШ22×33	67	78	14	39	6,6	12	15	2,9	28	5,4	6
УШ22×44	67	78	14	39	8,8	12	17	2,6	34	4,1	4,3
Ш25×25	100	63	25	37,5	5,6	16	17	3,1	38	6,9	8,2
Ш25×25	100	88	25	62,5	5,6	21	17	2,9	70	6,9	8,1
Ш25×32	100	63	25	37,5	7,2	16	19	3,0	50	5,5	6,2
Ш25×32	100	88	25	62,5	7,2	21	19	2,8	90	5,5	6,3
Ш25×40	100	63	25	37,5	9	16	21	2,9	55	4,4	4,9
Ш25×40	100	88	25	82,5	9	21	21	2,7	100	4,4	4,9
УШ26×26	94	81	17	47	6,2	15	15	3,5	70	4,9	5,5
УШ26×39	94	81	17	47	9,3	15	18	3,2	85	3,4	3,8
УШ26×52	94	81	17	47	12,4	15	21	2,7	100	2,7	3,0
УШ30×30	106	91	19	53	8,1	17	18	2,8	100	4,2	4,6
УШ30×45	106	91	19	53	12,1	17	21	2,6	130	3,1	3,3
УШ30×60	106	91	19	53	16,2	17	23	2,4	170	2,4	2,5
Ш32×32	128	80	32	48	9,3	21	23	2,8	100	4,4	5,0
Ш32×32	128	112	32	80	9,3	27	23	2,6	140	4,5	5,0
Ш32×40	128	80	32	48	11,5	21	24	2,7	120	3,5	3,8
Ш32×40	128	112	32	80	11,5	27	24	2,5	210	3,6	3,8
Ш32×50	128	80	32	48	14,4	21	26	2,5	160	3,0	3,2
Ш32×50	128	112	32	80	14,4	27	26	2,4	250	3,0	3,2
Ш32×63	128	80	32	40	18	21	28	2,4	190	2,6	2,8
Ш32×63	128	112	32	80	18	27	28	2,3	290	2,5	2,7
УШ35×35	123	106	22	61,5	11,2	20	20	2,6	160	3,3	3,5
УШ35×52	123	106	22	61,5	16,8	20	24	2,4	200	2,3	2,4
УШ35×70	123	106	22	61,5	22,4	20	27	2,2	220	1,7	1,8
УШ40×40	144	124	26	72	14	26	22	2,3	270	2,6	2,8
УШ40×60	144	124	26	72	22	26	26	2,2	400	1,8	1,9
УШ40×80	144	124	26	72	29	26	32	2,1	500	1,4	1,5

* Первое число в обозначении типа сердечника указывает ширину среднего язычка Ш-образной пластины a, а второе — толщину сердечника b в миллиметрах.

Таблица 10-62

Витые разрезные сердечники

Тип сердечника *	Размеры (рис. 10-53)				S, см²	$l_м$, см	$l_в$, см	J_{50}, А/мм²	P_{50}, В · А	N_I витков на вольт	N_{II} витков на вольт
	A, мм	H, мм	c, мм	h, мм							
Броневые (рис. 10-54, а, б)											
ШЛ10×10	40	35	10	25	0,9	8,5	6,9				
ШЛ10×12,5	40	35	10	25	1,1	8,5	7,4				
ШЛ10×16	40	35	10	25	1,4	8,5	8,1				
ШЛ10×20	40	35	10	25	1,8	8,5	8,9				
ШЛ12×12,5	48	42	12	30	1,3	10,3	8,7				
ШЛ12×16	48	42	12	30	1,7	10,3	9,4				
ШЛ12×20	48	42	12	30	2,1	10,3	10				
ШЛ12×25	48	42	12	30	2,7	10,3	11				
ШЛ16×16	64	56	16	40	2,3	13,6	11				
ШЛ16×20	64	56	16	40	2,9	13,6	12	2,8	16	10	12
ШЛ16×25	64	56	16	40	3,6	13,6	13	2,7	24	8,6	10,2
ШЛ16×32	64	56	16	40	4,6	13,6	14	2,5	35	6,5	7,4
ШЛ20×20	80	70	20	50	3,6	17	14	2,7	45	8,2	9,7
ШЛ20×25	80	70	20	50	4,5	17	15	2,7	55	6,6	7,5
ШЛ20×32	80	70	20	50	5,7	17	16	2,7	70	5,2	5,8
ШЛ20×40	80	70	20	50	7,2	17	18	2,6	85	4,5	5,0
ШЛ25×25	100	88	25	62	5,6	21,3	17	2,5	110	5,8	6,7
ШЛ25×32	100	88	25	62	7,2	21,3	19	2,4	135	4,4	4,9
ШЛ25×40	100	88	25	62	9,0	21,3	20	2,3	140	3,6	4,0
ШЛ25×50	100	88	25	62	11,2	21,3	22	2,2	210	3,0	3,2
ШЛ32×32	128	112	32	80	9,2	27	23	2,3	260	3,7	4,1
ШЛ32×40	128	112	32	80	11,5	27	24	2,2	310	2,8	3,0
ШЛ32×50	128	112	32	80	14,4	27	26	2,1	390	2,3	2,5
ШЛ32×64	128	112	32	80	18,4	27	28	2,0	490	1,8	1,9
Стержневые (рис. 10-53, в)											
ПЛ12,5×16-25	41	50	16	25	1,8	12	7,5	4,5	12	16	21
ПЛ12,5×16-32	41	55	16	32	1,8	13,5	7,5	4,5	15	16	21
ПЛ12,5×16-40	41	65	16	40	1,8	15	7,5	4,5	18	16	21
ПЛ12,5×16-50	41	75	16	50	1,8	17	7,5	4,5	20	16	21
ПЛ12,5×25-30	45	55	20	30	2,8	14	10	4,0	25	10	12,3
ПЛ12,5×25-40	45	65	20	40	2,8	16	10	4,0	32	10	12,3
ПЛ12,5×25-50	45	75	20	50	2,8	18	10	4,0	40	10	12,3
ПЛ12,5×25-60	45	85	20	60	2,8	20	10	4,0	50	10	12,3
ПЛ16×32-40	57	72	25	40	4,5	18	12	3,5	60	6	6,7
ПЛ16×32-50	57	82	25	50	4,5	20	12	3,5	80	6	6,7
ПЛ16×32-65	57	97	25	65	4,5	23	12	3,5	100	6	6,7
ПЛ16×32-80	57	112	25	80	4,5	26	12	3,5	130	6	6,7
ПЛ20×40-50	72	90	32	50	7,1	23	16	3,4	160	3,8	4,2
ПЛ20×40-60	72	100	32	60	7,1	25	16	3,4	200	3,8	4,2
ПЛ20×40-80	72	120	32	80	7,1	29	16	3,4	250	3,8	4,2
ПЛ20×40-100	72	140	32	100	7,1	33	16	3,4	300	3,8	4,2
ПЛ25×50-65	90	115	40	65	11	29	20	3,3	380	2,5	3,0
ПЛ25×50-80	90	130	40	80	11	32	20	3,3	450	2,5	3,0
ПЛ25×50-100	90	150	40	100	11	36	20	3,3	550	2,5	3,0
ПЛ25×50-120	90	170	40	120	11	40	20	3,3	680	2,5	3,0

* Первое число в обозначении типа сердечника указывает ширину его стержня a, а второе — ширину ленты b в миллиметрах, из которой изготовлен сердечник.

Сердечники из пермаллоя недопустимо сильно стягивать и подвергать их пластины механическим напряжениям, так как это может резко ухудшить их магнитные характеристики.

Площадь сечения сердечника. Вследствие наличия изоляции между пластинами или слоями ленты, а также невозможности совершенно плотной укладки пластин или намотки ленты полезная площадь сечения сердечника S меньше произведения $a \times b$ (рис. 10-52). Отношение $S/(ab)$ называют коэффициентом заполнения сердечника.

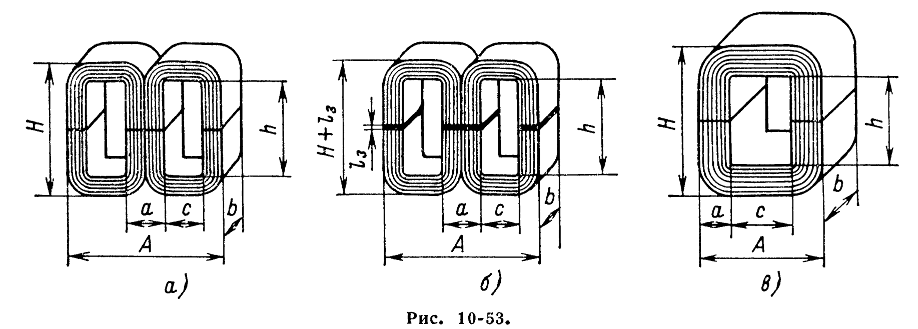


Рис. 10-53.

Его обозначают $\sigma_с$. В табл. 10-61 указаны площади сечения сердечника S при использовании пластин, не покрытых лаком и не оклеенных бумагой: толщиной 0,35 мм для сердечников Ш12 × 12 и больших размеров (при этом $\sigma_с \approx 0,9$) и толщиной 0,2 мм для сердечников меньших размеров (при этом $\sigma_с = 0,8 \div 0,85$). Если пластины деформированы, то $\sigma_с$ меньше. Для витых сердечников $\sigma_с \approx 0,9$.

Выбор сердечника. Рекомендуется применять сердечники, у которых $b/a = 1 \div 2$ (например, Ш25 × 40, УШ30 × 60). При больших отношениях b/a затрудняется плотная намотка обмоток — со сторон большего размера витки ложатся недостаточно плотно — вспучиваются.

10-9. ОБМОТКИ ТРАНСФОРМАТОРОВ И ДРОССЕЛЕЙ

Низкочастотные трансформаторы, трансформаторы питания и дроссели сглаживающих фильтров радиолюбители наматывают обычно на каркасы из изоляционного материала. При наличии опыта можно осуществлять бескаркасную намотку.

Каркасы изготовляют из гетинакса, текстолита или плотного картона, склеивая их части клеем БФ, нитроклеем или густым шеллачным лаком. Не рекомендуется применять столярный или канцелярский клей (они не влагоустойчивы). Картонные части каркаса по окончании его изготовления покрывают лаком или клеем БФ.

Толщина стенок каркасов при напряжениях обмоток до 2 кВ определяется их механической прочностью; практически достаточно иметь толщину 1—1,5 мм. При напряжениях до 3 кВ толщину следует увеличить до 2—2,5 мм и до 5 кВ — до 3—4 мм.

Ширина окна каркаса должна быть примерно на 1 мм больше размера a сердечника. Высоту окна каркаса следует брать на 1,5—2 мм больше размера b сердечника, иначе при сборке трудно будет вложить в его окно требуемое количество пластин. Такие же размеры должна иметь гильза из изоляционного материала при бескаркасной намотке трансформатора или дросселя.

В случае броневого сердечника высота щечек каркаса должна быть примерно на 1 мм меньше ширины окна сердечника c, а в случае стержневого сердечника — на 1—1,5 мм меньше половины ширины его окна. В случае сердечника из пластин по рис. 10-51, *а* или витого разрезного сердечника длину каркаса следует брать на 1 мм меньше высоты окна сердечника. При использовании сердечника из пластин по рис. 10-51, *б* и *в* высота каркаса должна быть на 3—8 мм меньше высоты окна сердечника, иначе пластины при сборке не будут в него входить. Укорочение каркаса должно быть тем больше, чем больше размеры сердечника.

Плотность тока в обмотке. Чем больше плотность тока в проводе обмотки J [А/мм^2] и чем меньше поверхность обмотки, с которой обеспечивается отдача тепла в окружающую среду, тем больше перегрев трансформатора (дросселя) — превышение температуры его обмоток над температурой среды. Перегрев трансформатора (дросселя) большего размера на данное число градусов получается при меньшем значении плотности тока. При температуре окружающей среды $t_с$ и температуре перегрева обмотки $t_п$ она нагреется до температуры

$$t_о = t_с + t_п.$$

При указанных в табл. 10-61 и 10-62 плотностях тока в проводах обмоток J_{50} их перегрев $t_п \approx 50$ °С. Для уменьшения перегрева плотность тока нужно снижать.

Для трансформаторов питания и дросселей фильтров, в которых применен провод ПЭЛ или провод в шелковой или хлопчатобумажной изоляции при бескаркасной намотке, а также когда обмотка выполнена на каркасах из слоистых пластиков (типа гетинакса и текстолита) или на каркасах из пропитанных картона, бумаги и фанеры, допустим нагрев

до температуры 90 °С (кратковременно допускается до 105 °С). Если обмотки выполнены проводами с высокопрочным покрытием (типа ПЭВ), то допускается нагрев до 105° С (кратковременно до 125 °С). При использовании в конструкции трансформатора или дросселя непропитанных картона или бумаги предельно допустимая температура длительного нагрева снижается до 80 °С.

Температуру перегрева обмотки, обладающей сопротивлением R [Ом], при прохождении по ней тока I [А] можно определить по формуле

$$t_{п} \approx 550RI^2/S_{охл}.$$

Необходимая для подстановки в эту формулу эффективная поверхность охлаждения обмотки $S_{охл}$ [см²]

$$S_{охл} = 2c_{к}(2a + \pi c_{к}) + 2h_{к}(a + \pi c_{к}),$$

где a — ширина стержня сердечника, см (см. рис. 10-52 и 10-53); $c_{к}$ — толщина намотки, см; $h_{к}$ — длина слоя намотки, см (на рис. 10-54: *1* — каркас; *2* — обмотка; *3* — сердечник).

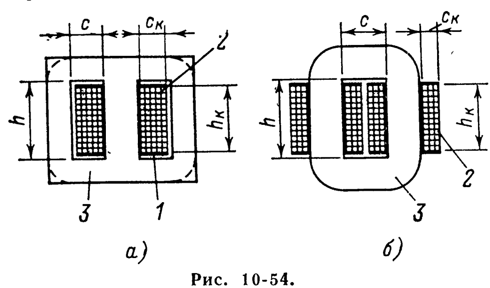


Рис. 10-54.

Для внешних обмоток трансформаторов (например, для наматываемых сверху обмоток накала) можно допускать плотности токов на 15—20% больше указанных в таблицах при условии, что во внутренних обмотках плотности токов будут снижены.

Измерение температуры нагрева обмоток трансформаторов и дросселей. Непосредственно измерение их температуры во время работы с помощью термометров и термопар в радиолюбительских условиях обычно затруднительно и не дает достаточно точных результатов. Рекомендуется определять температуру трансформаторов и дросселей косвенным способом, используя свойство медного обмоточного провода увеличивать сопротивление при повышении температуры. Методика такого измерения заключается в следующем:

1. Измеряют сопротивление постоянному току «холодной» обмотки (лучше всего с помощью мостика). Обозначают это сопротивление R_1. (Если нужно измерить температуру трансформатора, рекомендуется измерять сопротивление обмотки, содержащей большее число витков.) Записывают температуру воздуха, обозначая ее t_1. Такую температуру, очевидно, имеет и трансформатор (дроссель).

2. Включают вмонтированный в аппаратуру трансформатор (дроссель) под нормальную нагрузку на длительное время. Если нормально трансформатор (дроссель) должен работать в замкнутом футляре, то все его стенки или крышки должны быть закрыты. Практически достаточно выдержать трансформатор под нагрузкой в течение 4 ч, так как за это время достигается установившийся тепловой режим: температура нагрева достигает наибольшего значения и дальше не повышается.

3. Отключают трансформатор (дроссель) и немедленно (не позднее, чем через 5 мин) измеряют сопротивление той же обмотки R_2.

4. Температуру, до которой нагрелся трансформатор (дроссель), вычисляют по формуле

$$t_{о} = 250\,\frac{(R_2 - R_1)}{R_1} + t_1,\ °\text{C}.$$

Выбор обмоточного провода. Обмотки трансформаторов питания, дросселей сглаживающих фильтров и НЧ трансформаторов наматывают проводами в эмалевой изоляции. Применения проводов в шелковой, а тем более в хлопчатобумажной изоляции избегают, поскольку они имеют значительные внешние диаметры и поэтому габариты трансформаторов и дросселей получаются существенно большими.

Необходимый диаметр провода обмотки d определяют по величине тока в ней I и допустимой плотности тока J по номограмме на рис. 10-55. Если прóвода с диаметром, полученным по расчету, не имеется, применяют провод с ближайшим большим стандартным диаметром. Когда же по расчету получается $d < 0{,}06$ мм, то из соображений механической прочности провода применяют провод диаметром 0,06—0,08 мм.

Таблица 10-63

Междуобмоточная и покровная изоляция

Действующее напряжение обмотки, В	Количество слоев изоляции	Минимальная толщина бумаги или ткани, мм
< 250	2	0,06
250—750	2	0,1
751—1 250	3	0,15
1 251—2 250	4	0,2
2 251—3 000	5	0,2
3 001—3 500	6	0,2
3 501—5 000	8	0,2

Толщину $c_{к}$, которую займет обмотка из провода с диаметром проводящей жилы d при числе витков w, намотанных рядами на каркасе с размером $h_{к}$ между щечками (рис. 10-54), можно определить по формуле

$$c_{к} = \frac{0{,}8d^2w}{\beta_{о}h_{к}} + nl_{п},\ мм,$$

где $\beta_{о}$ — коэффициент заполнения каркаса медью, определяемый по номограмме (рис. 10-56); n — количество междуслойных прокладок; $l_{п}$ — толщина каждой прокладки.

Число витков из провода с диаметром медной жилы d, размещающихся на каркасе, имеющем размер $h_{к}$ между щечками

(рис. 10-54), при наличии n прокладок толщиной по $l_п$ можно определить по формуле

$$w = \frac{1{,}25\beta_0 h_к (c_к - n l_п)}{d^2},$$

где $h_к$, $c_к$, $l_п$ — в миллиметрах.

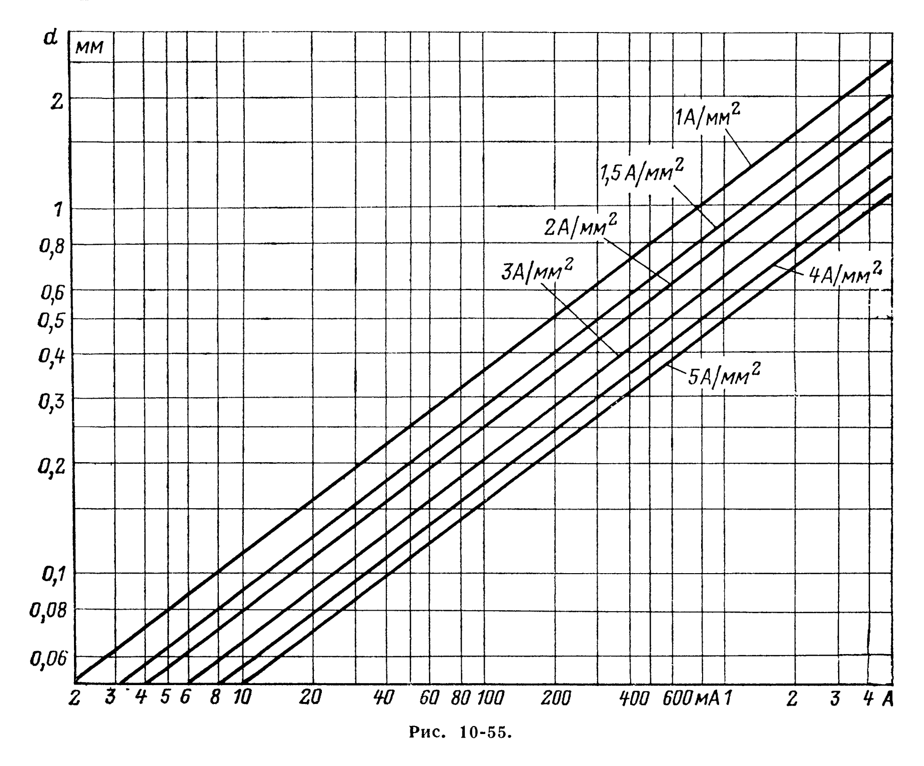


Рис. 10-55.

Изоляционные прокладки. В качестве изоляционных прокладок между обмотками трансформатора и в качестве покровной изоляции верхнего слоя витков используют пропитанную лаком электротехническую ткань типа «кембрик», кабельную бумагу либо бумагу, пропитанную церезином, воском или лаком. Количество слоев изоляции и ее толщина зависят от напряжения обмотки (табл. 10-63).

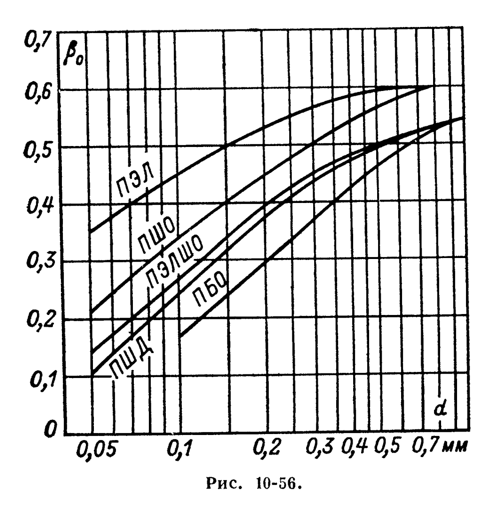


Рис. 10-56.

Обмотки необходимо разделять прокладками из пропитанной бумаги. При напряжении обмотки до 20 В рекомендуется делать прокладки через каждые три ряда провода, а при больших напряжениях — через каждый ряд провода; если напряжение превышает 50 В, прокладки должны быть двухслойными. Рекомендуются прокладки следующей толщины:

Диаметр провода, мм	Толщина прокладки, мм
$\leq 0{,}2$	0,03—0,05
0,21—1,0	0,06—0,08
1,04—1,74	0,1—0,2
1,81—2,2	0,2—0,3
$> 2{,}2$	

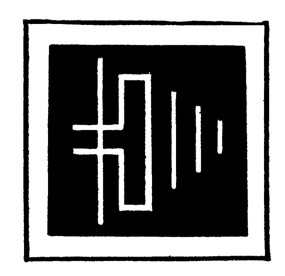
Сопротивление обмотки. Сопротивление обмотки из медного провода диаметром d, содержащей w витков средней длины $l_в$ (см. табл. 10-61 и 10-62), вычисляют по формуле

$$R = \frac{k \cdot 10^{-5} w l_в}{d^2},$$

где k — коэффициент, зависящий от температуры обмотки.

t_0, °C	20	40	60	80	100	120
k	22	24	26	28	30	32

Вследствие того что фактический диаметр провода может отличаться от номинального, истинное сопротивление обмотки может несколько отличаться от расчетного.



АНТЕННЫ

РАЗДЕЛ 11

СОДЕРЖАНИЕ

11-1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Виды поляризации электромагнитных волн

Передающая антенна преобразует энергию токов ВЧ, поступающую на ее вход по фидерной линии с выхода передатчика, в энергию электромагнитных волн. Приемная антенна преобразует энергию электромагнитных волн в энергию токов ВЧ, которая поступает по фидерной линии (кабелю снижения) на вход приемника.

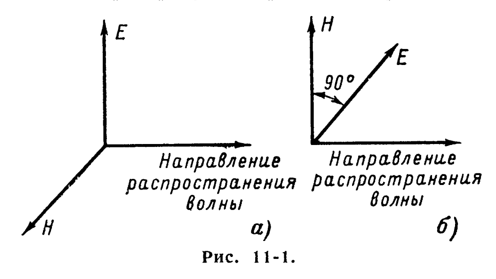


Рис. 11-1.

Электромагнитные волны характеризуются в каждой точке пространства величиной и направлением электрического поля **E** и магнитного поля **H** (рис. 11-1). В зависимости от расположения в пространстве вектора **E** различают в е р т и к а л ь н о и г о р и з о н т а л ь н о п о л я р и з о в а н н ы е в о л н ы. Вертикальной поляризации соответствует вертикальное расположение вектора **E** и горизонтальное расположение вектора **H** (рис. 11-1, *а*), горизонтальной поляризации — горизонтальное расположение вектора **E** и вертикальное расположение вектора **H** (рис. 11-1, *б*).

Вид поляризации электромагнитных волн определяется конструкцией передающей антенны. Антенны из вертикальных проводников (например, вертикальный вибратор) излучают вертикально поляризованные волны, из горизонтальных проводников — горизонтально поляризованные.

Конструкция приемной антенны должна соответствовать поляризации принимаемых электромагнитных волн. Для приема вертикально поляризованных волн можно применять вертикальный вибратор или вертикально расположенную рамку, для приема горизонтально поляризованных волн — горизонтальный вибратор или горизонтально расположенную рамку. Радиовещательные передачи на ДВ, СВ и КВ ведутся с помощью вертикально поляризованных волн, а ТВ и РВ передачи на УКВ с ЧМ — с помощью горизонтально поляризованных волн. Поэтому вибраторы телевизионных антенн (например, антенн «волновой канал») нужно располагать горизонтально.

Параметры антенн

Параметры антенн не зависят от того, используются ли они для передачи или для приема (принцип взаимности). Если известны

свойства антенны при использовании ее для передачи, то эти свойства позволяют полностью оценить ее как приемную и наоборот. Основными параметрами антенн являются: диаграмма направленности, коэффициент усиления, действующая длина (высота) антенны, входное сопротивление. Учитывая, что радиолюбители чаще имеют дело с приемными антеннами, будем определять параметры антенн, предполагая, что они используются в качестве приемных.

Диаграмма направленности антенны — график, показывающий зависимость э. д. с. на зажимах антенны от направления прихода сигнала (максимальную э. д. с. условно принимают равной единице). Зажимами антенны будем далее условно называть точки, к которым присоединяется фидерная линия.

Полное представление о направленных свойствах антенны дает ее пространственная диаграмма направленности (диаграмма в телесном угле 360°). Однако достаточное для практических целей представление о направленных свойствах антенны можно получить, зная ее диаграммы направленности в горизонтальной (азимутальной) и вертикальной (меридиональной) плоскостях; более важной, особенно на УКВ, является диаграмма направленности в горизонтальной плоскости.

Диаграммы направленности строят в полярных (рис. 11-2, *а*) или в декартовых (прямоугольных) координатах (рис. 11-2, *б*). Область *1* диаграммы направленности называют основным лепестком, а область *2* — задним или боковым лепестком (боковых лепестков может быть несколько). Направление, показанное на рис. 11-2, *а* сплошной стрелкой, называют максимумом основного лепестка, пунктирной — максимумом заднего или бокового лепестка.

Углом раствора основного лепестка диаграммы (φ на рис. 11-2) называется угол, в пределах которого э. д. с. на зажимах антенны спадает до уровня 0,707 величины максимальной э. д. с. Уровнем задних и боковых лепестков по напряжению γ_u называют отношение э. д. с. на зажимах антенны при приеме со стороны максимума наибольшего из задних или боковых лепестков к э. д. с. при приеме со стороны максимума основного лепестка.

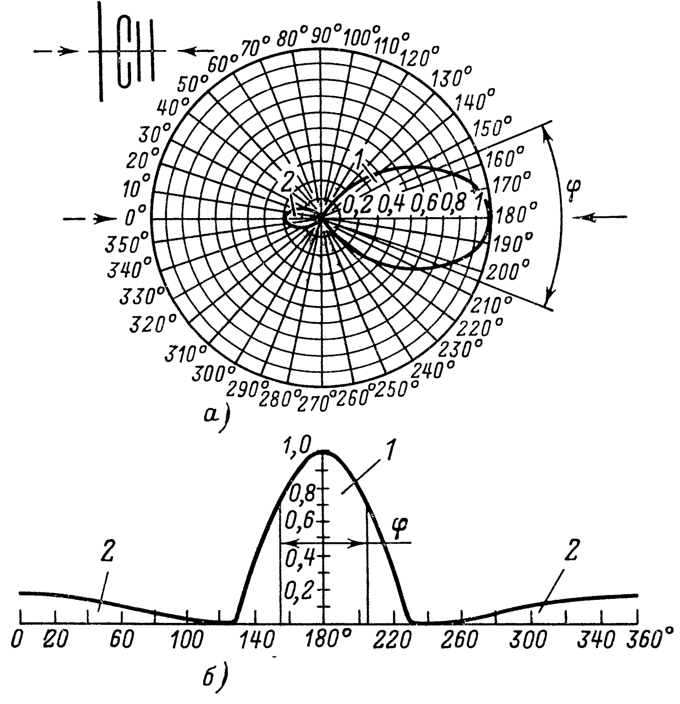


Рис. 11-2.

Уровень задних и боковых лепестков по мощности

$$\gamma_p = \gamma_u^2.$$

Чем меньше угол раствора основного лепестка и уровень задних и боковых лепестков, тем лучше направленные свойства антенны.

Коэффициент усиления антенны по напряжению K_u — отношение напряжения, которое развивает антенна на согласованной нагрузке, к напряжению, развиваемому на той же нагрузке согласованным с ней полуволновым вибратором при одной и той же напряженности поля. При этом считается, что обе антенны ориентированы на максимум приема.

Коэффициент усиления антенны по мощности

$$K_p = K_u^2.$$

Коэффициент усиления антенны тем больше, чем меньше угол φ (рис. 11-2).

Действующая длина антенны $l_д$ — параметр, используемый для характеристики свойств простейших антенн (линейный вибратор, петлевой вибратор и т. п.). Амплитуда тока вдоль линейного полуволнового вибратора меняется по синусоидальному закону (рис. 11-3, *а*). Заштрихованную площадь можно назвать условно «площадью тока» S_1.

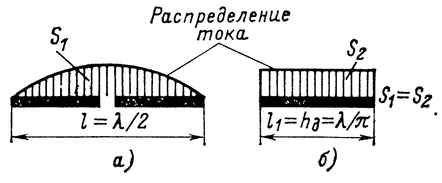


Рис. 11-3.

Представим себе второй линейный вибратор, вдоль которого ток распределен равномерно с амплитудой, равной амплитуде в центре полуволнового вибратора (11-3, *б*). Выберем длину второго вибратора так, чтобы его «площадь тока» S_2 была равна «площади тока» S_1 полуволнового линейного вибратора. Длина этого вибратора составляет $\lambda/\pi = 0,318\ \lambda$ (λ — длина волны).

Следовательно, действующая длина линейного полуволнового вибратора

$$l_д = \frac{\lambda}{\pi} = 0,318\lambda.$$

Электродвижущая сила на зажимах вибратора

$$e = l_д E,$$

где E — напряженность поля в точке приема.

В антеннах, используемых для приема передач РВ станций, работающих на ДВ, СВ и КВ с применением вертикально поляризованных волн (антенна в виде вертикального или наклонного провода, Т-образная и Г-образная антенны), ток ВЧ также распределяется неравномерно: амплитуда (пучность) тока получается в месте подключения приемника или около него. Для таких антенн вместо параметра «действующая длина» пользуются аналогичным по физическому смыслу параметром «действующая высота антенны», который обозначается $h_д$.

Входное сопротивление антенны $Z_{вх}$ — отношение напряжения к току на зажимах антенны. Чем ближе входное сопротивление антенны $Z_{вх}$ к волновому сопротивлению фидерной линии $Z_в$, тем лучше согласованы антенна и фидер. Степень согласования оценивается коэффициентом бегущей волны (к. б. в.) в фидерной линии в сторону антенны. Если входное сопротивление антенны чисто активно ($Z_{вх} = R_{вх}$), то

при $R_{вх} < Z_в$

$$\text{к. б. в} = \frac{R_{вх}}{Z_в};$$

при $R_{вх} > Z_в$

$$\text{к. б. в} = \frac{Z_в}{R_{вх}}.$$

Если к. б. в. $> 0,5$, то потери мощности сигнала за счет рассогласования приемной антенны с фидерной линией практически отсутствуют.

Коэффициент усиления антенны [дБ]

$$K = 20 \lg K_u.$$

Уровень задних и боковых лепестков [дБ] определяется по формуле

$$\gamma = 20 \lg \gamma_u.$$

Если известны напряженность поля E в точке приема, параметры антенны, тип и длина кабеля снижения, то напряжение на входе приемника (например, телевизионного) можно рассчитать по формуле

$$U_{вх} = \frac{E h_д K_u}{2T_u},$$

где T_u — затухание сигнала по напряжению в кабеле снижения.

Пример. Определить коэффициент усиления и уровень задних и боковых лепестков (в децибелах), если по напряжению эти величины составляют $K_u = 2,5$ и $\gamma_u = 0,2$:

$$K = 20 \lg K_u = 20 \lg 2,5 = 20 \cdot 0,4 = 8\ \text{дБ};$$

$$\gamma = 20 \lg \gamma_u = 20 \lg 0,2 = 20\,(-0,7) = -14\ \text{дБ}.$$

Пример. Рассчитать напряжение на входе телевизионного приемника при следующих условиях: прием осуществляется на девятом телевизионном канале (несущая частота изображения $f = 199,25$ МГц). Напряженность поля на несущей частоте изображения $E = 2,5$ мВ/м. Антенна — четырехэлементная типа «волновой канал» с коэффициентом усиления по напряжению $K_u = 2$. Фидерная линия — кабель РК-75-4-15 имеет длину 35 м; ее затухание на девятом телевизионном канале $T = 5$ дБ.

1. Длина волны, соответствующая несущей частоте изображения девятого телевизионного канала,

$$\lambda_{из} = \frac{300}{f_{из}\ [\text{МГц}]} = \frac{300}{199,25} = 1,51\ \text{м}.$$

2. Действующая высота

$$h_д = \frac{\lambda_{из}}{\pi} = \frac{1,51}{3,14} = 0,48\ \text{м}.$$

3. Ослабление сигнала по напряжению T_u в фидерной линии, исходя из ее затухания $T = 5$ дБ,

$$T = 20 \lg T_u;\quad \lg T_u = T/20 = 5/20 = 0,25;$$

$$T_u = 1,78.$$

4. Напряжение на входе приемника

$$U_{вх}=\frac{Eh_д K_u}{2T_u}=\frac{2{,}5\cdot 0{,}48\cdot 2}{2\cdot 1{,}78}=0{,}65 \text{ мВ}.$$

Ширина полосы — полоса частот, в пределах которой параметры антенны сохраняют значения, обеспечивающие необходимое качество приема изображения.

Параметры и режимы фидерных линий

Фидерные линии предназначены для передачи энергии ВЧ передатчика к передающей антенне, от приемной антенны к приемнику, а также для междуэтажных соединений в сложных антеннах и т. д.

Основными параметрами фидерных линий являются: волновое сопротивление, коэффициент укорочения длины волны, постоянная распространения и погонное затухание.

Волновое сопротивление $Z_в$ — отношение амплитуды падающей волны напряжения в линии к амплитуде падающей волны тока; определяется через погонную индуктивность $L_{пог}$ и погонную емкость $C_{пог}$ линии (примененного кабеля) следующим образом:

$$Z_в=\sqrt{\frac{L_{пог}}{C_{пог}}}.$$

Волновое сопротивление линии зависит от формы и взаимного расположения ее проводников, от диэлектрической постоянной ε и магнитной проницаемости μ материала, разделяющего проводники.

В зависимости от соотношения между волновым сопротивлением фидерной линии $Z_в$ и сопротивлением нагрузки Z на ее конце (рис. 11-4, *а*) различают три режима работы линии:

Режим бегущей волны (рис. 11-4, *б*) имеет место при чисто активном сопротивлении нагрузки в конце линии, равном волновому сопротивлению ($Z = R = Z_в$). При этом условии волны напряжения и тока распространяются только в одном направлении — от генератора к нагрузке; мощность, поступающая из генератора в линию, целиком передается в нагрузку. Линия полностью согласована с нагрузкой и работает в наивыгоднейшем режиме.

Режим стоячей волны (рис. 11-4, *в*) имеет место, когда линия замкнута накоротко ($Z = 0$), либо разомкнута ($Z = \infty$), либо нагружена на чисто реактивное сопротивление — индуктивность или емкость ($Z = jX$). При этом перенос мощности вдоль линии отсутствует; вся мощность, поступающая из генератора в линию в виде падающих волн напряжения и тока, отражается от конца линии и поступает обратно в генератор. Линия полностью рассогласована с нагрузкой.

Промежуточный режим (рис. 11-4, *г*) имеет место при сопротивлении нагрузки, содержащем активную и реактивную составляющие ($Z = R \pm jX$), а также при активном сопротивлении, не равном волновому ($Z = R \neq Z_в$). Часть мощности, поступающей из генератора в линию, передается в нагрузку, а другая часть отражается от нагрузки и поступает обратно в генератор.

Режим работы линии численно оценивается к. б. в., который можно определить, измерив напряжение в минимуме ($U_{мин}$) и

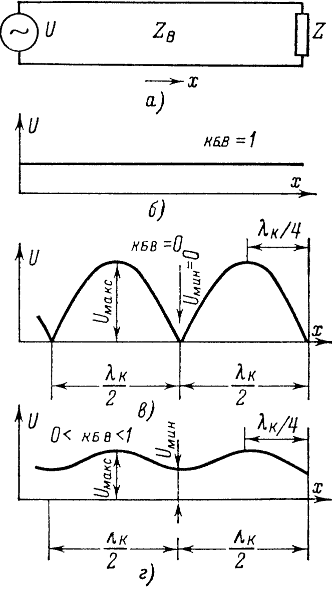


Рис. 11-4.

максимуме ($U_{макс}$) распределения напряжения вдоль линии

$$к.\ б.\ в. = \frac{U_{мин}}{U_{макс}}.$$

Для измерения к. б. в. применяют измерительные линии и рефлектометры. При настройке антенн нужно стремиться к тому, чтобы к. б. в. был возможно ближе к единице.

Коэффициент стоячей волны (к. с. в.) представляет собой величину, обратную к. б. в., т. е.

$$к.\ с.\ в. = \frac{1}{к.\ б.\ в.}.$$

Коэффициент укорочения длины волны в фидерной линии n — отношение длины волны в свободном пространстве λ к длине волны в линии $\lambda_к$.

Для экранированных линий, полностью заполненных изоляцией,

$$n=\sqrt{\varepsilon},$$

где ε — диэлектрическая постоянная изоляции.

Наиболее распространены фидерные линии из коаксиальных кабелей — РК-75-4-15, РК-75-4-11, РК-75-4-12, РК-75-4-16, РК-75-9-12, РК-75-9-13, имеющие полиэтиленовую изоляцию с $\varepsilon = 2{,}3$; поэтому для этих кабелей (линий) $n = 1{,}52$. Для кабеля

КПТА $n = 1{,}23$. Для воздушных экранированных и неэкранированных линий $n = 1$.

Коэффициент укорочения неэкранированных линий, проводники которых разделены слоем изоляции, сложным образом зависит от формы и размеров изолирующего слоя и определяется в необходимых случаях экспериментально.

Длина волны в линии

$$\lambda_к = \frac{\lambda}{n}.$$

При определении длины отрезка кабеля, соответствующей определенной доле длины волны, необходимо учитывать коэффициент укорочения длины волны.

Пример. Определить длину полуволнового отрезка кабеля РК-75-4-15 на средней частоте третьего телевизионного канала $f = 80$ МГц ($\lambda = 3{,}75$ м).

1. Длина волны в кабеле

$$\lambda_к = 3{,}75/1{,}52 = 2{,}46 \text{ м}.$$

2. Длина полуволнового отрезка кабеля

$$l = \lambda_к/2 = 2{,}46/2 = 1{,}23 \text{ м}.$$

Постоянная распространения фидерной линии α — угол, на который изменяется фаза распространяющегося по линии тока или напряжения на единице ее длины при заданной длине волны в линии

$$\alpha = 360°/\lambda_к.$$

Зная постоянную распространения, можно определить сдвиг фазы в линии заданной длины либо длину линии, обеспечивающую заданный сдвиг фазы.

В линии длиной l сдвиг фазы колебания

$$\alpha_l = \alpha l.$$

Пример. Определить длину кабеля РК-75-4-15, создающую сдвиг фазы $\alpha_l = 60°$ при частоте $f = 100$ МГц (при $\lambda = 3$ м).

1. Длина волны в кабеле $\lambda_к = \lambda/n = 3/1{,}52 = 1{,}98$ м.

2. Постоянная распространения $\alpha = 360°/\lambda_к = 360°/1{,}98 = 182$ град/м.

3. Длина кабеля, обеспечивающая заданный сдвиг фазы, $l = \alpha_l/\alpha = 60/182 = 0{,}33$ м.

Если полученная расчетом длина недостаточна по конструктивным соображениям, то ее можно увеличить на целое число длин волн в кабеле.

Погонное затухание фидерной линии β — затухание на единицу ее длины; выражается обычно в децибелах на метр [дБ/м] или децибелах на километр [дБ/км].

Затухание T в децибелах в линии длиной l определяется по формуле

$$T = \beta l.$$

Если β выражено в децибелах на метр, значение l представляется в эту формулу соответственно в метрах.

Перевод затухания линии в децибелах T в затухание в «разах» по напряжению T_u или по мощности T_p, а также обратный перевод производят по формулам:

$$T = 20 \lg T_u; \quad \lg T_u = T\,[дБ]/20;$$
$$T = 10 \lg T_p; \quad \lg T_p = T\,[дБ]/10.$$

С увеличением частоты затухание в линии возрастает.

Электрические параметры и основные конструктивные данные «гибких» фидерных линий (рис. 11-5) приведены в табл. 11-1 и 11-2.

Таблица 11-1

Параметры наиболее распространенных коаксиальных кабелей

Тип кабеля *	$Z_в$, Ом	$C_{пог}$ не более, пФ/м	Размеры (рис. 11-5) d_1, мм	d_2, мм	d_3, мм	Минимально допустимый радиус изгиба, мм
РК-75-4-15 (РК-1)	75±3	76	0,72	4,6±0,2	7,3±0,4	70
РК-75-4-11 (РК-101)	75±3	72	0,72	4,6±0,2	7,3±0,4	70
РК-75-4-16 (РК-49)	75±3	76	0,78 **	4,6±0,2	7,3±0,4	70
РК-75-4-12 (РК-149)	75±3	76	0,78 **	4,6±0,2	7,3±0,4	70
РК-75-9-12 (РК-3)	75±3	75	1,35	9,0±0,5	12,2±0,8	120
РК-75-9-13 (РК-103)	75±3	75	1,35	9,0±0,5	12,2±0,8	120
КПТА	75±7,5	—	0,52	2,4±0,1	4±0,2	40
РК-50-9-12 (РК-6)	50±2	110	2,70 **	9±0,5	12,2±0,8	120
РК-50-9-11 (РК-106)	50±2	110	2,70 **	9±0,5	12,2±0,8	120
РК-50-2-13 (РК-19)	50±3	115	0,68	2,2±0,1	4±0,3	40
РК-50-2-11 (РК-119)	50±3	115	0,68	2,2±0,1	4±0,3	40
РК-50-7-15 (РК-47)	50±2	115	2,28 **	7,3±0,3	10,3±0,6	100
РК-50-7-11 (РК-147)	50±2	115	2,28 **	7,3±0,3	10,3±0,6	100

* В скобках указаны старые обозначения.
** Гибкий семижильный проводник.

Таблица 11-2

Погонное затухание коаксиальных кабелей на средних частотах телевизионных каналов и диапазона радиовещания на УКВ

Тип кабеля	Номера телевизионных каналов												Радиовещание на УКВ
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
	Погонное затухание β, дБ/м												
РК-75-4-15 (РК-1)	0,072	0,079	0,090	0,094	0,098	0,135	0,139	0,143	0,146	0,150	0,152	0,154	0,083
РК-75-4-11 (РК-101)	0,072	0,079	0,090	0,094	0,098	0,135	0,139	0,143	0,146	0,150	0,152	0,154	0,083
РК-75-4-16 (РК-49)	0,068	0,079	0,094	0,100	0,107	0,171	0,177	0,183	0,189	0,195	0,199	0,204	0,086
РК-75-4-12 (РК-149)	0,064	0,073	0,090	0,096	0,103	0,160	0,165	0,171	0,176	0,181	0,186	0,190	0,081
РК-75-9-12 (РК-3)	0,042	0,046	0,053	0,056	0,061	0,092	0,095	0,098	0,100	0,105	0,108	0,112	0,049
РК-75-9-13 (РК-103)	0,042	0,046	0,052	0,056	0,058	0,088	0,090	0,093	0,095	0,097	0,100	0,102	0,048
КПТА	0,091	0,100	0,119	0,127	0,134	0,192	0,196	0,201	0,205	0,210	0,215	0,219	0,108

Здесь d_1 — диаметр внутренней жилы, d_2 — диаметр металлического чулка, d_3 — внешний диаметр кабеля.

Волновые сопротивления «жестких» фидерных линий различных конструкций (се-

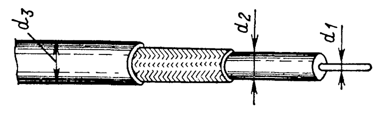


Рис. 11-5.

чений), изготовленных из металлических трубок, стержней и полос, можно найти по графикам в § 1-2. Экранированные жесткие линии конструктивно удобны при $Z_в = 50 \div 100$ Ом, а неэкранированные при $Z_в = 150 \div 400$ Ом.

11-2. ПРИЕМНЫЕ АНТЕННЫ ДИАПАЗОНА УКВ

Выбор конструкции антенны

Простейшими наружными антеннами для приема телевизионных передач на расстояниях до 40—60 км от телецентра, для приема радиовещательных передач на УКВ и для любительской связи являются полуволновые симметричные вибраторы. Такие антенны имеют коэффициент усиления $K_u = 1$ (0 дБ), их диаграмма направленности имеет форму восьмерки в горизонтальной плоскости и форму окружности в вертикальной.

Направленные антенны используют для увеличения дальности связи на УКВ (если известно направление на корреспондента) и для приема телевизионных передач на расстояниях более 40—60 км от телецентра. Для дальнего приема телевидения (на расстояниях более 80—100 км) следует применять многоэлементные антенны типа «волновой канал», обладающие большим коэффициентом усиления. При значительном уровне отраженных сигналов и других помехах телевизионному приему направленные антенны целесообразно применять и на меньших расстояниях.

Простейшие наружные антенны диапазона УКВ

Линейный разрезной вибратор (рис. 11-6, *а*). Его входное сопротивление 73 Ом; ширина рабочей полосы частот составляет ±15% средней частоты. Длину вибратора можно найти по табл. 11-3 или вычислить по формуле

$$l = \frac{\lambda}{2}\left(1 - \frac{\delta}{100}\right),$$

где δ — коэффициент укорочения полуволнового вибратора в процентах, определяемый по графику на рис. 11-7.

В случае, если антенна рассчитывается на прием на нескольких телевизионных каналах, длина l определяется для средней частоты полосы частот, занимаемой этими каналами.

Таблица 11-3

Длины вибраторов для приема телевизионных и радиовещательных программ на метровых волнах и любительской радиосвязи

Вибраторы	Номера телевизионных каналов									Радиовещание с ЧМ	Диапазоны для связи	
	1	2	3	4	5	6, 7	8, 9	10—12	6—12		2 м	70 см
Длина линейного разрезного вибратора l, мм	2 790	2 370	1 790	1 630	1 490	750	690	625	675	2 120	970	320
Длина петлевого вибратора l, мм	2 740	2 300	1 740	1 580	1 450	730	670	605	655	2 060	940	310

Линейный неразрезной вибратор (рис. 11-6, *б*). Его входное сопротивление зависит от отношения t/l. При $t/l = 0,2$ входное сопротивление равно 100 Ом; при $t/l = 0,3$ $R_{вх} = 200$ Ом, при $t/l = 0,4$ $R_{вх} = 350$ Ом. Ширина рабочей полосы частот $\pm 8 \div 10\%$ средней частоты. Средняя точка вибратора имеет нулевой потенциал.

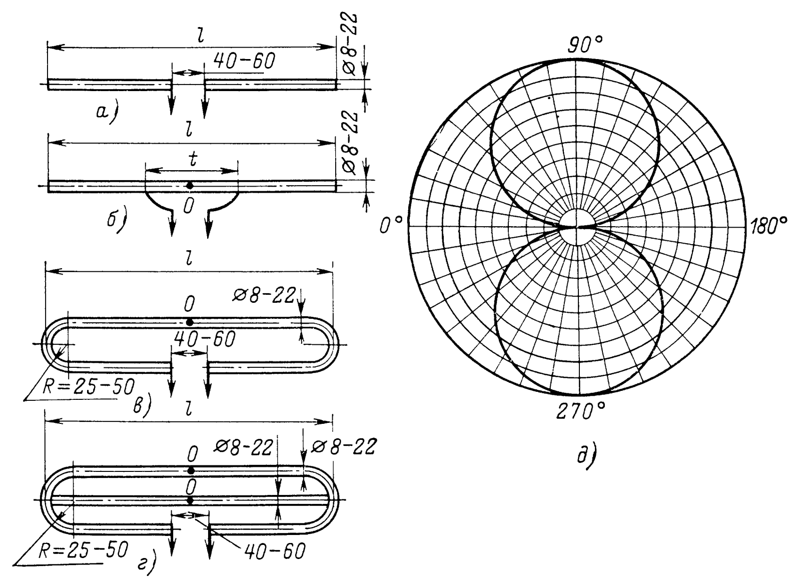


Рис. 11-6.

Петлевой вибратор (рис. 11-6, *в*, табл. 11-3). Входное сопротивление 292 Ом. Ширина рабочей полосы частот $\pm 20\%$ средней частоты. При определении коэффициента укорочения δ по графику на рис. 11-7 под диаметром вибратора нужно понимать эквивалентный диаметр $d_{экв} = \sqrt{2Sd}$, где S — расстояние между осями трубок, d — диаметр трубки.

В случае приема на нескольких каналах длина l определяется для средней частоты полосы частот, занимаемой этими каналами. Средняя точка вибратора имеет нулевой потенциал.

Двойной петлевой вибратор (рис. 11-6, *г*) имеет входное сопротивление 660 Ом.

На рис. 11-6, *д* приведена диаграмма направленности вибраторов, показанных на рис. 11-6, *а—г*.

Все эти вибраторы, кроме линейного разрезного (рис. 11-6, *а*), могут крепиться к любой мачте, металлической или деревянной, в точке нулевого потенциала (точка *0* на рис. 11-6) без промежуточных изоляторов (например, с помощью металлических хомутов или сварки). Крепление на мачте линейного разрезного вибратора производится с помощью диэлектрической платы. Ориентировку вибраторов нужно производить так,

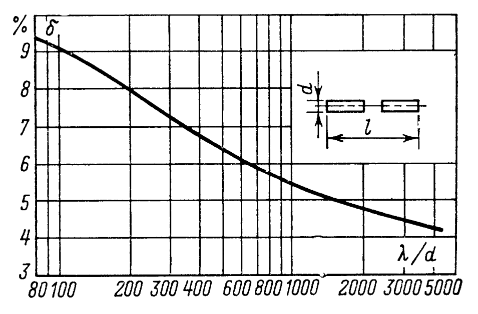


Рис. 11-7.

чтобы направление на принимаемую станцию было перпендикулярно продольной оси вибраторов.

Наибольшее распространение имеют линейный разрезной и петлевой вибраторы, так как они обладают несколько более широкой полосой частот по сравнению с вибраторами остальных видов и легко согласуются

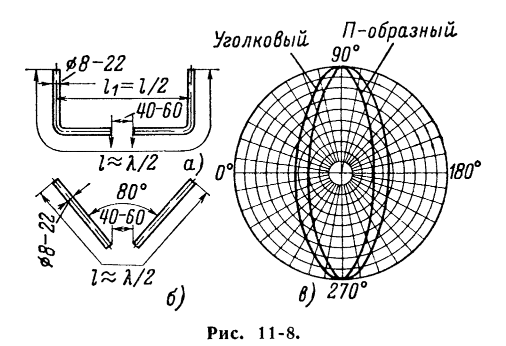


Рис. 11-8.

со стандартными коаксиальными кабелями, имеющими $Z_в = 75$ Ом.

П-образный (рис. 11-8, *а*) **и уголковый** (рис. 11-8, *б*) **полуволновые вибраторы** следует применять, когда нужно вести прием сигналов с различных направлений (или передачу в различных направлениях), так как вибраторы этих видов не имеют резких

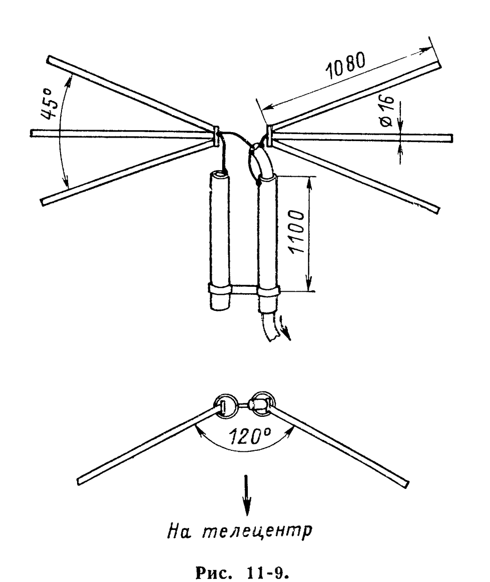


Рис. 11-9.

провалов («нулей») в диаграммах направленности в горизонтальной плоскости (рис. 11-8, *в*).

Входное сопротивление П-образного вибратора имеет последовательно включенные активную составляющую $R_{вх} = 35$ Ом и реактивную составляющую емкостного характера $X_{вх} = 50$ Ом. Уголковый вибратор имеет активное входное сопротивление около 30 Ом.

Турникетная антенна (рис. 11-14) применяется, когда для приема или передачи нужна диаграмма направленности, близкая к круговой. Турникетная антенна состоит из двух взаимно перпендикулярных горизонтальных полуволновых вибраторов, питаемых со сдвигом фаз 90°; ее коэффициент усиления по напряжению $K_u = 0{,}7$ (— 3 дБ).

Широкополосный веерный вибратор (рис. 11-9) удобен для приема телевизионных передач на каналах 1—12. Полная его длина примерно равна $\lambda/2$ на средней частоте каналов 1—5 ($f_{ср} = 70$ МГц) и $3\lambda/2$ на средней частоте каналов 6—12 ($f_{ср} = 200$ МГц). На каналах 1—5 $K_u = 1{,}0$ (0 дБ), на каналах 6—12 $K_u = 1{,}18$ (1,5 дБ).

Антенна типа «волновой канал»

Наиболее распространенная в радиолюбительской практике направленная антенна «волновой канал» (рис. 11-10, *а*) состоит из активного вибратора *1* (обычно петлевого), рефлектора *2* и одного или нескольких (до 15) директоров *3*. Активный вибратор, рефлектор и директоры называют элементами антенны. Они укреплены на несущей стреле *4* с помощью скоб *5*. Крепление фидерной линии *6* и симметрирующе-согласующего устройства *7* осуществляется с применением изолятора *8*. Стрела антенны устанавливается на вершине мачты *9*.

Максимум диаграммы направленности антенны (рис. 11-10, *б*) обращен в сторону директоров (направление максимальной силы приема показано стрелкой). С увеличением числа директоров коэффициент усиления антенны возрастает. Ширина рабочей полосы частот антенны примерно $\pm 6 \div 8\%$.

Для телевизионного приема на МВ (каналы 1—12) обычно применяют антенны «волновой канал», показанные на рис. 11-11, *а*, *б*. Для телевизионного приема на ДМВ (каналы 21—40) применяют антенны, показанные на рис. 11-11, *в*, *г*.

Размеры антенн, а также их коэффициенты усиления, углы раствора диаграмм направленности и уровень задних лепестков указаны в табл. 11-4—11-7.

В зависимости от расстояния до телецентра нужно применять следующие антенны: для приема на каналах 1—5 при расстояниях 40—60 км — трехэлементные, 60—70 км — пятиэлементные, 70—80 км — семиэлементные; на каналах 6—12 на расстояниях 40—50 км — трехэлементные, 50—60 км — пятиэлементные, 60—70 км — семиэлементные, 70—80 км — одиннадцатиэлементные; на каналах 21—40 на расстояниях 40—60 км— семиэлементные, 60—70 км — одиннадцатиэлементные.

Активный вибратор, рефлектор и директор изготовляют из трубок следующих наружных диаметров: 16—22 мм на ка-

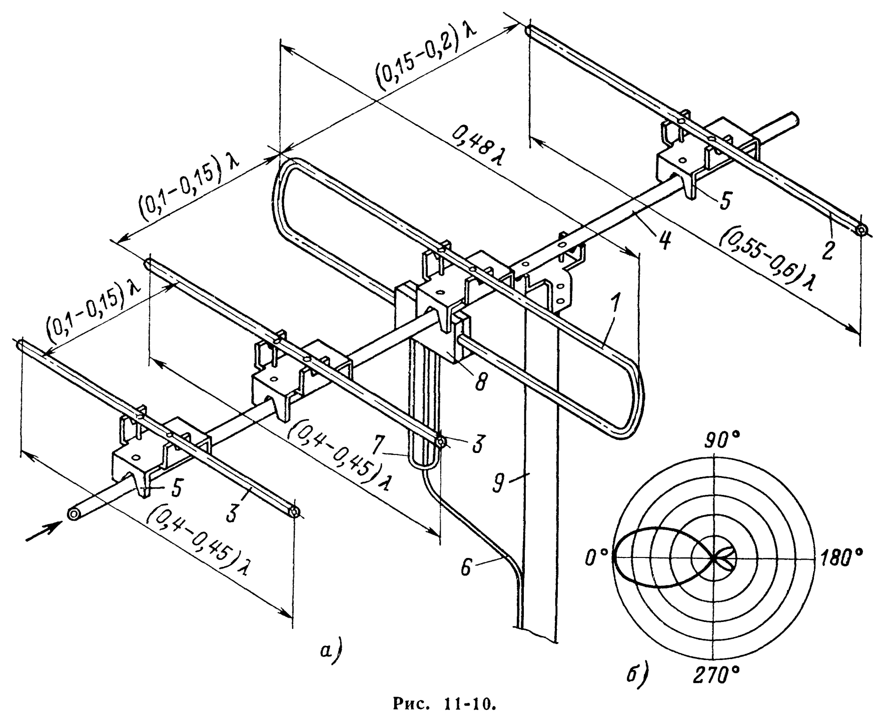


Рис. 11-10.

налах 1—5; 10—14 мм на каналах 6—12; 8—10 мм на каналах 21—40; толщина стенки 1—1,5 мм.

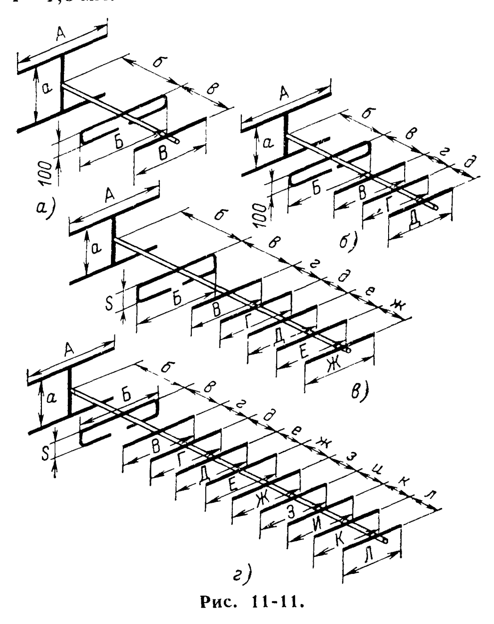


Рис. 11-11.

Несущая стрела изготавливается из трубы с наружным диаметром 30—35 мм на каналах 1—5, 18—22 мм на каналах 6—12 и 14—16 мм на каналах 21—40; толщина стенки 2—2,5 мм.

Логопериодическая антенна

Эта широкополосная направленная антенна работает без перестройки в пяти-, десятикратном и более широком диапазоне волн и применяется преимущественно для приема телевизионных передач на расстоянии до 60—70 км от телецентра на каналах 1—12.

Простой вариант антенны показан на рис. 11-12, *а*. Антенна состоит из ряда ли-

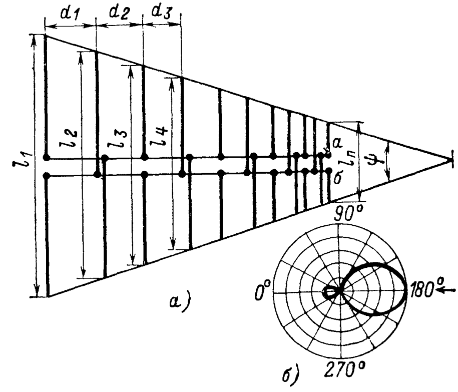


Рис. 11-12.

нейных вибраторов различной длины, подключенных с последовательной переменой фазы к двухпроводной линии.

Диаграмма направленности этой антенны представлена на рис. 11-12, *б*.

Таблица 11-4

Размеры и электрические параметры трехэлементных антенн для приема телевизионных и радиовещательных программ и любительской связи на УКВ (рис. 11-11, *а*)

Размеры, мм, и электрические параметры	Номера телевизионных каналов													Радиовещание с ЧМ	Диапазоны для связи	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	6—12		2 м	70 см
А	3 040	2 580	2 000	1 820	1 660	900	860	825	795	765	730	705	830	2 300	1 100	365
Б	2 710	2 300	1 780	1 620	1 480	795	765	735	705	680	650	630	640	2 050	980	325
В	2 360	2 000	1 550	1 410	1 290	695	665	640	615	590	570	550	620	1 800	930	310
а	800	800	800	800	800	550	550	550	550	550	550	550	550	800	600	300
б	880	750	580	530	480	260	250	240	230	225	215	205	275	675	295	100
в	595	505	390	355	325	175	170	265	155	150	145	140	110	450	295	100
К, дБ	5,0	5,0	5,5	5,5	5,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	4,5	5,0	6,5	7,0
φ°	66	66	64	64	64	60	60	60	60	60	60	60	68	66	60	55
γ, дБ	—15	—15	—15	—15	—15	—17	—17	—17	—17	—17	—17	—17	—14	—15	—17	—20

Таблица 11-5

Размеры и электрические параметры пятиэлементных антенн для приема телевизионных и радиовещательных программ и любительской связи на УКВ (рис. 11-11, *б*)

Размеры, мм, и электрические параметры	Номера телевизионных каналов													Радиовещание с ЧМ	Диапазоны для связи	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	6—12		2 м	70 см
А	3 150	2 660	2 035	1 830	1 680	915	880	840	810	780	750	720	830	2 400	1 120	375
Б	2 780	2 350	1 800	1 620	1 490	810	780	740	715	690	660	635	630	2 100	1 100	335
В	2 520	2 135	1 630	1 470	1 350	730	705	670	650	625	600	575	620	1 920	910	305
Г	2 510	2 125	1 620	1 460	1 340	725	700	665	645	620	595	570	580	1 910	890	300
Д	2 450	2 070	1 580	1 420	1 300	710	680	650	625	600	585	550	550	1 860	—	—
а	800	800	800	800	800	550	550	550	550	550	550	550	550	800	600	300
б	1 210	1 040	780	700	645	350	340	325	310	295	285	270	275	940	430	145
в	735	625	475	425	390	215	205	195	190	180	175	170	110	560	265	90
г	705	595	455	410	375	205	195	190	180	175	170	160	220	530	250	85
д	750	630	480	430	395	215	205	195	190	180	175	170	345	570	—	—
К, дБ	8,0	8,0	8,5	8,5	8,5	9,0	9,0	9,0	9,0	9,0	9,0	9,0	6,5	8,0	—	—
φ°	54	54	52	52	52	48	48	48	48	48	48	48	56	54	—	—
γ, дБ	—16	—16	—16	—16	—16	—18	—18	—18	—18	—18	—18	—18	—14	—16	—	—

Таблица 11-6

Размеры и электрические параметры семиэлементных антенн для приема телевизионных и радиовещательных программ на УКВ (рис. 11-11, *в*)

Размеры, мм, и электрические параметры	Номера телевизионных каналов																		Радиовещание с ЧМ
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	6—12	21—25	26—30	31—35	36—40	21—40	
А	3 220	2 730	2 120	1 920	1 760	925	885	850	815	785	755	730	830	377	348	324	303	336	2 450
Б	2 760	2 340	1 810	1 650	1 510	710	680	650	625	600	580	560	665	308	284	264	247	274	2 100
В	2 200	1 870	1 450	1 320	1 200	700	670	640	620	595	570	555	630	293	270	252	235	261	1 690
Г	2 180	1 850	1 430	1 300	1 190	655	625	600	575	555	535	515	590	290	267	249	232	258	1 670
Д	2 160	1 830	1 415	1 290	1 180	620	595	570	545	525	505	485	555	287	264	246	229	255	1 650
Е	2 130	1 810	1 400	1 270	1 160	565	540	520	500	480	460	445	515	283	260	243	226	252	1 630
Ж	2 105	1 790	1 380	1 260	1 150	520	500	480	460	440	425	410	470	279	257	240	223	249	1 610
а	800	800	800	800	800	550	550	550	550	550	550	550	550	240	240	240	240	240	800
б	1 080	910	710	645	590	310	295	285	275	265	255	245	260	140	129	120	112	125	820
в	415	350	275	250	225	125	120	115	110	105	100	95	110	72	67	62	58	64	320
г	810	685	530	485	445	245	235	225	215	205	200	190	220	92	85	79	74	82	615
д	845	715	560	505	460	385	370	355	340	325	315	305	345	104	96	89	83	92	640
е	870	735	570	520	475	400	385	370	350	330	325	320	365	121	112	104	97	104	660
ж	905	765	595	540	495	425	405	390	375	360	345	335	385	132	122	114	105	117	690
S	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	40	40	40	40	40	100
К, дБ	9,5	9,5	10,0	10,0	10,0	10,5	10,5	10,5	10,5	10,5	10,5	10,5	8,0	10,0	10,0	10,0	10,0	7,5	9,5
φ°	48	48	46	46	46	44	44	44	44	44	44	44	50	46	46	46	46	50	48
γ, дБ	—18	—18	—18	—18	—18	—20	—20	—20	—20	—20	—20	—20	—14	—18	—18	—18	—18	—12	—18

Электрические параметры и размеры антенны определяются периодом структуры τ, равным отношению длины последующего вибратора к длине предыдущего (знаменатель геометрической прогрессии), и углом ψ при вершине треугольника, в который вписаны вибраторы. Чем ближе период структуры τ к единице и чем меньше угол ψ, тем выше коэффициент усиления антенны. Однако при этом возрастают габариты антенны. На практике принимают обычно $\tau = 0,8 \div 0,9$ и $\psi = 30 \div 45°$.

треугольник с выбранным углом $\psi = 30 \div 45°$ при вершине и основанием, равным в масштабе построения длине наибольшего вибратора l_1.

Второй вибратор располагается на расстоянии $d_1 = (0,15 \div 0,18)\,\lambda_{макс}$ от первого (в масштабе построения). Длина второго вибратора определится при этом однозначно, так как он должен полностью вписываться в треугольник. Далее производится построение третьего вибратора на расстоянии $d_2 = d_1\tau$ от второго, четвертого — на расстоянии $d_3 = d_2\tau$ от третьего и т. д. Построение продолжают до тех пор, пока длина очередного вибратора, вписанного в треугольник, будет равна примерно $0,45\ \lambda_{мин}$. Этот вибратор и будет последним.

Таблица 11-7

Размеры и электрические параметры одиннадцатиэлементных антенн на телевизионные каналы 6—12 и 21—40 (рис. 11-11, *г*)

Размеры, мм, и электрические параметры	Номера телевизионных каналов												
	6	7	8	9	10	11	12	6—12	21—25	26—30	31—35	36—40	21—40
А	850	810	780	750	720	695	670	830	377	348	324	303	336
Б	740	710	680	655	630	605	580	665	308	284	264	247	274
В	730	700	670	645	620	595	570	630	293	270	252	235	261
Г	700	670	640	615	590	570	550	590	290	267	249	232	258
Д	690	660	635	610	585	565	545	555	287	264	246	229	255
Е	680	650	625	600	575	555	535	515	283	260	243	226	252
Ж	670	640	615	590	565	545	525	470	279	257	240	223	249
З	645	620	590	570	550	530	510	445	276	254	237	220	246
И	645	620	590	570	550	530	510	420	272	251	234	217	243
К	645	620	590	570	550	530	510	405	269	248	231	214	240
Л	645	620	590	570	550	530	510	395	265	245	228	210	237
а	550	550	550	550	550	550	550	550	240	240	240	240	240
б	420	400	385	370	355	340	325	260	140	129	120	112	125
в	210	195	185	180	170	165	160	110	72	67	62	58	64
г	385	370	355	340	325	315	305	220	92	85	79	74	82
д	510	490	470	450	430	415	400	345	104	96	89	83	92
е	315	305	290	280	270	260	250	365	121	112	104	97	104
ж	425	405	390	375	360	345	330	385	132	122	113	105	117
з	360	345	335	320	305	295	285	405	133	123	114	106	118
и	505	480	460	445	426	410	395	425	134	124	115	107	119
к	415	395	380	365	350	335	320	450	136	126	117	109	121
л	435	420	400	385	370	355	340	480	137	127	118	110	122
S	100	100	100	100	100	100	100	100	40	40	40	40	40
К, дБ	12,0	12,0	12,0	12,0	12,0	12,0	12,0	9,0	11,5	11,5	11,5	11,5	8,5
$\varphi°$	38	38	38	38	38	38	38	42	40	40	40	40	42
γ, дБ	—22	—22	—22	—22	—22	—22	—22	—18	—20	—20	—20	—20	—16

На каждой частоте рабочего диапазона волн в излучении или приеме участвуют три-четыре вибратора, резонансные частоты которых наиболее близки к этой частоте. Поэтому коэффициент усиления антенны на любом из 12 каналов получается примерно таким же, как у одноканальной трех-, четырехэлементной антенны типа «волновой канал» (5—6 дБ).

Расчет антенны. Для расчета размеров элементов антенны нужно знать крайние волны рабочего диапазона $\lambda_{макс}$ и $\lambda_{мин}$. Сначала определяется длина наибольшего вибратора l_1, которая должна быть равна $0,55\ \lambda_{макс}$. Затем строится равнобедренный

Вибраторы изготавливают из трубок наружным диаметром 16—22 мм, двухпроводную линию — из трубок наружным диаметром 22 мм, расстояние между осями трубок — 35 мм.

Фидерная линия из коаксиального кабеля с $Z_в = 75$ Ом подключается через четвертьволновый мостик (см. рис. 11-13, *в*). Для антенны на каналы 1—12 длина мостика $l_т = 1\ 000$ мм.

Симметрирующе-согласующие устройства

Симметрирование производится в случаях, когда к симметричной антенне нужно подключить коаксиальную фидерную линию. Симметрирующее устройство устраняет токи ВЧ на наружной поверхности экрана кабеля и искажения диаграммы направленности антенны. Симметрирование приемных антенн увеличивает помехозащищенность приема и обеспечивает высокий к. б. в. в фидерной линии.

Фидерную линию *3* и *U*-колено *4* изготовляют из коаксиального кабеля с $Z_в = 75$ Ом.

В конструкциях на рис. 11-13, *в* и *г* трубки *5*, *6* и перемычка *7* — металлические, а детали *8* и *9* изготавливаются из негигроскопичных изоляционных материалов. Детали *5* и *6* в конструкции по рис. 11-13, *г* соединяют круговой сваркой или пайкой *10*.

Проволочный трансформатор 300/75 Ом (рис. 11-13, *е*) можно использовать для симметрирования любых широкополосных антенн,

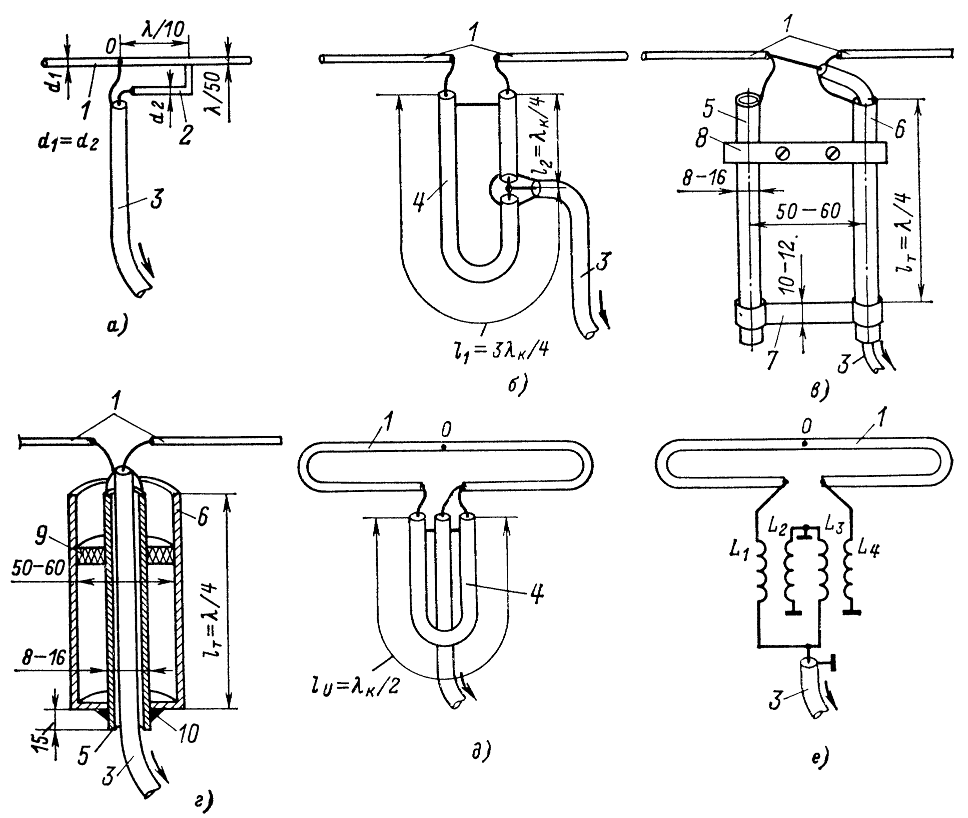


Рис. 11-13.

Согласующее устройство преобразует входное сопротивление антенны в сопротивление, близкое или равное волновому сопротивлению фидерной линии Симметрирующее устройство одновременно осуществляет и согласование антенны с фидерной линией.

Подключение кабеля *3* к симметричному полуволновому вибратору *1* (рис. 11-13) производят с помощью согласующе-симметрирующего устройства. Эти устройства работают в следующих полосах частот (в процентах от средней частоты): устройство с фазосдвигающим коленом *2* (рис. 11-13, *а*) — ± 5%, волновое *U*-колено *4* (рис. 11-13, *б*) — ±6÷8%, четвертьволновый мостик (рис. 11-13, *в*), четвертьволновый стакан (рис. 11-13, *г*) и полуволновое *U*-колено (рис. 11-13, *д*) — ± 15 ÷ 20%,

имеющих $Z_{вх} = 300$ Ом в полосе частот телевизионных каналов 1—12. Четыре катушки трансформатора намотаны попарно на двух каркасах диаметром 6—8 мм; каждая катушка содержит по 12 витков ПЭЛШО 0,3. Намотка сплошная в два провода. Расстояние между каркасами 15—20 мм.

К П-образному и уголковому вибраторам (см. рис. 11-8) кабель подключают с помощью устройств, показанных на рис. 11-13, *в* или *г*.

К вибраторам *1* и *2* турникетной антенны (рис. 11-14) коаксиальная фидерная линия *6* подключается через симметрирующе-согласующее устройство, состоящее из двух полуволновых *U*-колен *3* и *4*, изготовленных из кабеля с $Z_в = 75$ Ом, и четвертьволнового трансформатора *5* в виде отрезка кабеля с

$Z_в = 50$ Ом. Длина l_1 в этом устройстве произвольная, а длину U-колена l_U можно взять из табл. 11-8.

Волновое сопротивление отрезка линии, выполненного из нескольких соединенных параллельно кабелей, равно номинальному волновому сопротивлению примененного кабеля, деленному на число параллельно соединенных кабелей.

Таблица 11-8

Размеры согласующе-симметрирующих устройств для приема телевизионных и радиовещательных программ и любительской связи на УКВ, мм

Вид по рис. 11-13	Размер	Номера телевизионных каналов										Радиовещание с ЧМ	Диапазоны для связи	
		1	2	3	4	5	6, 7	8, 9	10—12	6—12	21—40		2 м	70 см
б	l_1	2 850	2 400	1 860	1 680	1 545	840	750	690	—	—	2 130	1 020	—
	l_2	950	800	620	560	515	280	250	230	—	—	710	340	—
в, г	$l_т$	1 430	1 200	940	850	780	415	380	345	375	140	1 080	520	170
д	l_U	1 900	1 600	1 240	1 120	1 030	560	500	460	490	180	1 420	680	—

При конструировании УКВ антенн, в частности многоэтажных, встречается необходимость согласовывать линию с активным сопротивлением нагрузки R, не равным волновому сопротивлению линии $Z_в$. Для этой цели применяют согласующие четвертьволновые трансформаторы, представляющие собой

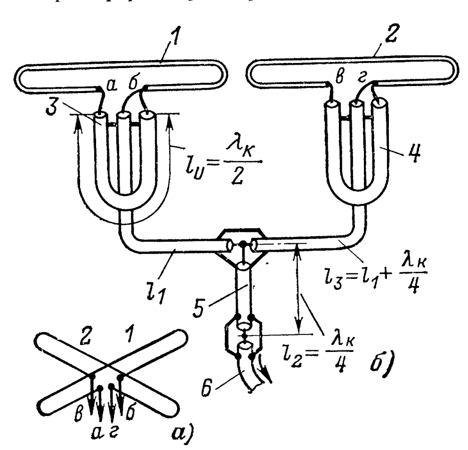


Рис. 11-14.

отрезки линии (кабеля) длиной $\lambda_к/4$, обладающие волновым сопротивлением

$$Z_{тр}=\sqrt{Z_вR}.$$

При отсутствии кабеля с таким волновым сопротивлением трансформатор можно выполнить из нескольких соединенных параллельно отрезков кабеля (как это сделано, например, в согласующих устройствах, показанных на рис. 11-15), либо применить в качестве трансформатора отрезок жесткой линии с требуемым волновым сопротивлением (см. § 1-2).

Антенны для дальнего приема телевидения

Для дальнего приема телевидения (на расстояниях более 80—100 км) следует применять многоэтажные антенны «волновой канал» с числом элементов в каждом этаже не менее пяти.

На рис. 11-15, *а* показаны схемы расположения элементов и кабельных соединений двухэтажной, а на рис. 11-15, *б* — четырехэтажной антенны «волновой канал» указанного назначения. Здесь *1—4* — петлевые активные вибраторы, *5—8* — полуволновые U-колена, *9—11* — четвертьволновые трансформаторы. Длины кабелей l_1 — l_5 и расстояния между этажами указаны в табл. 11-9. В обеих антеннах все кабели должны иметь $Z_в = 75$ Ом.

Антенна каждого этажа выполняется в соответствии с рис. 11-11 и табл. 11-4—11-7. Коэффициент усиления двухэтажной антенны, дБ

$$K=K_1+3$$

и четырехэтажной антенны

$$K=K_1+6,$$

где K_1 — коэффициент усиления антенны одного этажа, дБ.

При монтаже кабельных соединений нужно следить за тем, чтобы оба этажа были включены синфазно. Для этого центральные проводники кабелей l_2 должны быть включены одинаково: оба к правым зажимам или оба к левым зажимам петлевых вибраторов.

Фидерную линию желательно изготовить из кабеля с возможно меньшим погонным затуханием (например, РК-75-9-12, РК-75-9-13).

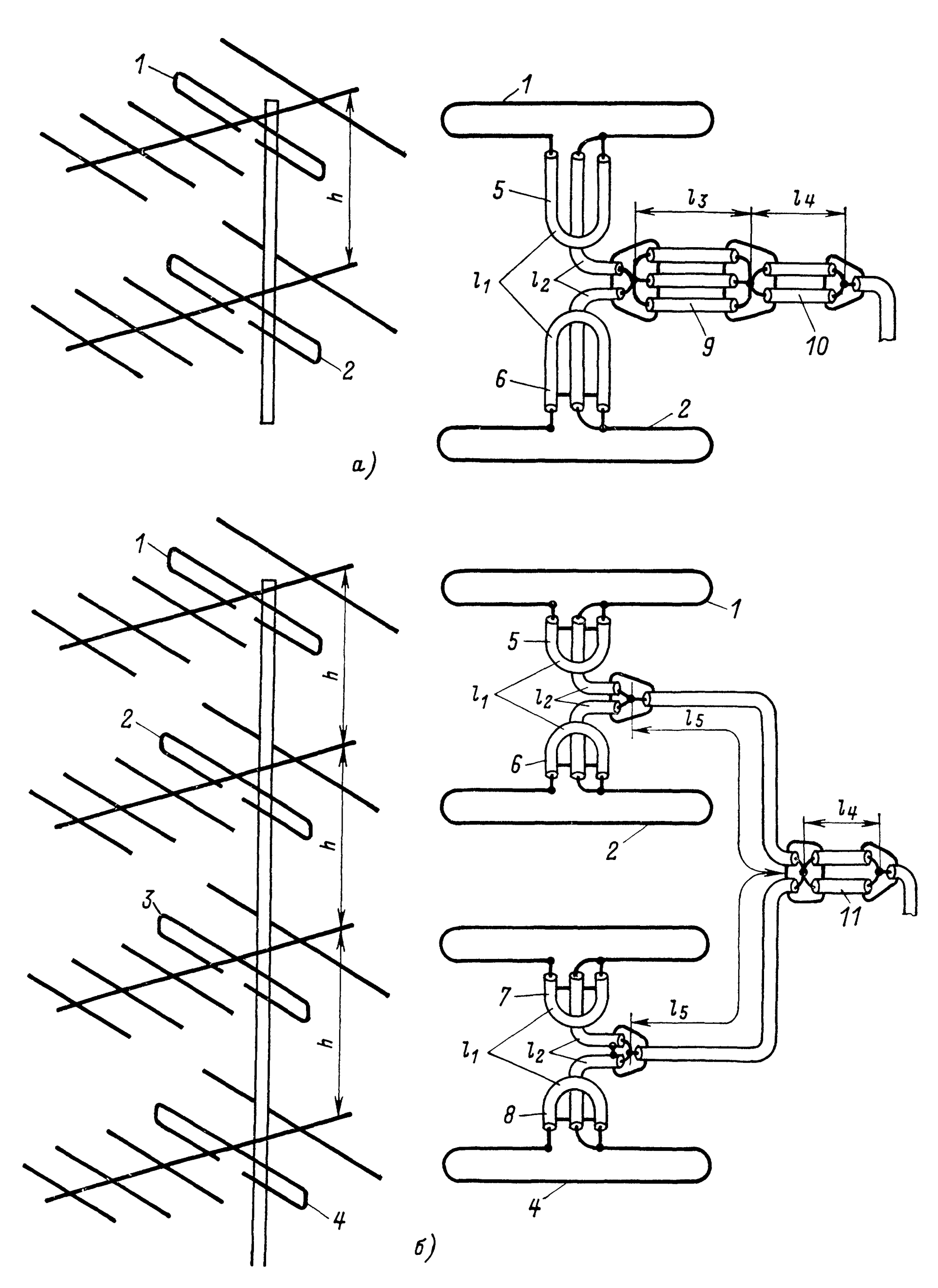


Рис. 11-15.

Таблица 11-9

Размеры многоэтажных телевизионных антенн типа «волновой канал», мм

Размер	Номера телевизионных каналов											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
l_1	1 900	1 600	1 240	1 120	1 030	560	535	515	495	475	455	440
l_2	1 900	1 600	1 240	1 120	1 030	560	535	515	495	475	455	440
l_3	950	800	620	560	515	280	270	260	250	240	230	220
l_4	950	800	620	560	515	280	270	260	250	240	230	220
l_5	3 800	3 200	2 480	2 240	2 060	1 120	1 070	1 030	990	950	910	880
h	2 860	2 420	1 875	1 705	1 570	840	810	775	740	720	690	660

Изготовление наружных УКВ антенн

Материалы. Для изготовления стрел, активных вибраторов, директоров и рефлекторов используют трубы из стали и алюминиевых сплавов. Наиболее распространенные бесшовные холоднотянутые трубы из сталей марок Ст. 10, Ст. 20, Ст. 35, Ст. 40 свариваются электро- и газовой сваркой, обладают высокой прочностью, хорошо поддаются гибке. Можно использовать трубы из алюминиевых сплавов марок Д1, Д16, АМГН. Трубы из сплавов Д1 и Д16 имеют достаточную механическую прочность, поддаются гибке, но не очень устойчивы против коррозии и с трудом поддаются сварке. Трубы из сплава АМГН обладают большой механической прочностью, высокой устойчивостью против коррозии, высокой пластичностью, хорошо свариваются.

Изоляционные детали изготавливаются из гетинакса, текстолита, органического стекла, полистирола, капролона. Детали из гетинакса рекомендуется бакелизировать. В условиях субтропического и тропического климата очень хорошо зарекомендовал себя фторопласт, который в течение многих лет работы на открытом воздухе практически не меняет своих электрических и механических свойств.

Гибка труб. Перед гибкой один конец трубы нужно закрыть деревянной пробкой и плотно набить трубу хорошо просеянным песком. Для более плотного заполнения трубы песком ее нужно периодически встряхивать. После набивки песком второй конец также закрывается деревянной пробкой. Гибка производится между двумя стальными роликами с круговыми канавками полукруглого профиля. Первый ролик, радиус которого равен требуемому радиусу изгиба, устанавливается на неподвижной оси, второй — в вилке поворотного рычага. Труба вкладывается в канавку первого ролика и один конец ее жестко закрепляется. При вращении рычага установленный в нем ролик обкатывает и изгибает трубу. При отсутствии указанного приспособления трубу, заполненную песком, можно согнуть на болванке соответствующего радиуса.

Окрашивание и гальванические покрытия. Для увеличения надежности и срока службы антенны нужно защитить ее от воздействия осадков, туманов, промышленных газов. Крупные детали антенн — металлические и деревянные мачты, стрелы, вибраторы — окрашивают (трубы из сплава АМГН можно не окрашивать). Мелкие стальные детали — скобы крепления, кольца растяжек, крепеж и т. д. — нужно цинковать или, еще лучше, кадмировать. Перед окраской металлические детали нужно очистить от следов коррозии и загрунтовать. Детали при грунтовке должны быть совершенно сухими во избежание отслоения грунта. Рекомендуется использовать грунты АГ-10-С желтого цвета и ФЛ-03-К (старое название В-329) коричневого цвета; грунт АГ-10-С обладает особенно хорошей адгезией (сцепляемостью) с алюминиевыми сплавами. Окрашивание лучше производить влагостойкими эмалями, а при их отсутствии — масляной краской в несколько слоев.

Монтаж. При монтаже кабельных соединений нужно следить за тем, чтобы в процессе разделки конца кабеля не надрезать центральный проводник, так как в месте надреза он может со временем сломаться. Перед пайкой следует проверить, не замкнулся ли волосок экрана на центральный проводник. Во избежание оплавления полиэтиленовой изоляции кабеля нужно избегать длительного прогрева экрана и центрального проводника при облуживании и пайке. Пользоваться лучше припоями с пониженной температурой плавления (ПОС-61, ПОСК-50). Концы вибраторов, к которым подключается кабель, рекомендуется поместить в монтажную коробку из изоляционного материала с крышкой. С целью предохранения паек от влаги внутрь коробки целесообразно залить церезин. В крышке сделать два отверстия с вывинчивающимися пробками (одно отверстие служит для заливки, второе — для выхода воздуха). Чтобы пайки не несли механических нагрузок, кабель следует закрепить в непосредственной близости от места пайки. Кроме того, кабель закрепляется на мачте еще в нескольких местах.

Изгибание и соединение коаксиальных кабелей. Для каждого типа кабеля существует минимально допустимый радиус изгиба (см. табл. 11-1). Изгиб с меньшим радиусом приводит к деформации кабеля и нарушению его однородности. Соединение кабелей между собой производится с помощью высокочастотных разъемов типа ВР или переходных коробок. На рис. 11-16, *а* показана конструкция подобной коробки для соединения двух, а на рис 11-16, *б* — трех коаксиальных кабелей. Корпус коробки *1* изготавливают из листовой стали или латуни. Косынки *2* с резьбой служат для крепления крышки (на чертеже не показана). Кабели *4* входят в коробки через втулки *3*. На рис. 11-16, *в* даны размеры втулки для кабелей с наружным диаметром 7,3 мм (РК-75-4-15 и ему подобных).

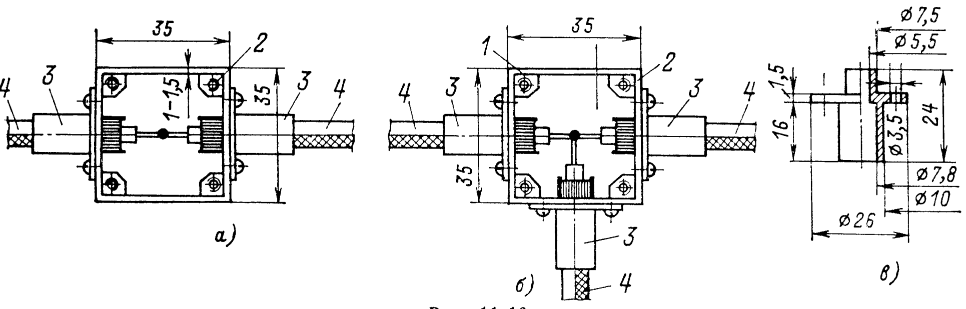


Рис. 11-16.

Металлические детали коробок, предназначенных для работы на открытом воздухе, должны быть защищены гальваническими покрытиями (стальные детали — цинкованием или кадмированием, латунные — никелированием или хромированием). Для защиты пайки от влаги внутрь коробки можно залить эпоксидную смолу или церезин. Коробка устанавливается на мачте.

Изготовление жестких линий. Опорные изоляторы, поддерживающие проводники жестких линий, нужно изготавливать из материалов с возможно меньшей диэлектрической проницаемостью (фторопласт, полиэтилен, полистирол, органическое стекло). Толщина изоляторов — 4—5 мм, расстояние между ними — не менее 50—60 мм.

Выбор места установки и ориентирование наружных приемных телевизионных антенн

Место установки антенны нужно по возможности выбирать так, чтобы она не была закрыта от прямого сигнала телецентра, близко расположенными зданиями. Устанавливать антенну нужно ближе к коньку крыши на расстоянии не менее 2,5—3 м от других антенн, вентиляционных коробов и других металлических предметов.

Приемная антенна ориентируется на телецентр, однако в условиях города такое положение антенны не всегда является наилучшим, так как одновременно с прямым сигналом от телецентра она может принимать отраженные от зданий сигналы, которые вызывают повторные контуры на изображении. Поворачивая антенну в ту или иную сторону, повторные контуры иногда удается ослабить. Если эта мера не помогает, нужно применить антенну с более острой диаграммой направленности или вынести антенну на ближайшее высокое здание.

Подключение к телевизору антенн разных каналов

Подключение к телевизору антенн разных каналов, установленных на общей или раздельных мачтах, производится с помощью фильтра сложения (рис. 11-17, табл. 11-10).

Потери, вносимые фильтром, не превышают 0,8 дБ, взаимовлияние антенн друг на друга через фильтр практически отсутствует (развязка более 20 дБ).

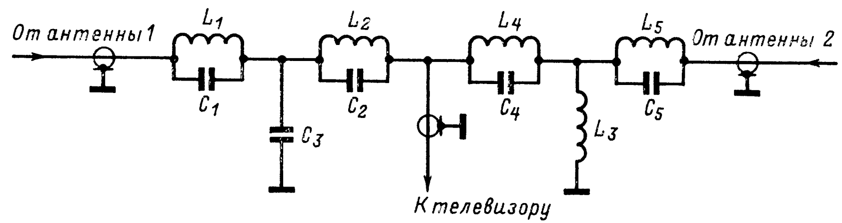


Рис. 11-17.

Фильтр монтируется в металлической коробке размером 110 × 60 × 20 мм с крышкой. Экраны кабелей и заземляемые выводы конденсатора C_3 и катушки L_3 припаиваются к вырубленным или приклепанным лепесткам. Катушки наматываются на каркасах из органического стекла или полистирола в один слой виток к витку проводом ПЭВ-1 0,59. Катушки L_1 и L_2 располагаются на общем каркасе, катушка L_3 — на отдельном, размещенном перпендикулярно каркасу катушек L_4 и L_5. Конденсаторы — КТ или КД.

Таблица 11-10

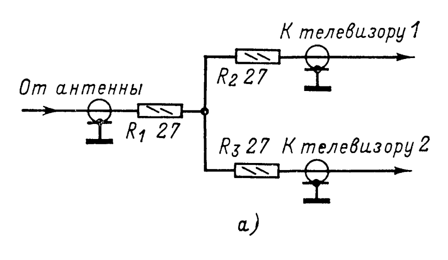
Данные элементов фильтра сложения

Комбинации телевизионных каналов	Данные катушек (рис. 11-17)									Емкость конденсаторов, пФ		
	L_1, L_2			L_3			L_4, L_5					
	Индуктивность, мкГ	Число витков	Диаметр каркаса, мм	Индуктивность, мкГ	Число витков	Диаметр каркаса, мм	Индуктивность, мкГ	Число витков	Диаметр каркаса, мм	C_1, C_2	C_3	C_4, C_5
Любой канал или группа каналов с 1 по 5 с любым каналом или группой каналов с 6 по 12	0,05	2	5	0,08	3	5	0,39	11	5	12	20	12
Каналы 1 и 3	0,09	3	6	0,16	5	6	0,23	7	6	47	33	39
Каналы 2 и 4	0,08	3	5	0,14	5	5	0,20	7	5	47	30	36
Каналы 2 и 5	0,08	3	5	0,16	6	5	0,14	5	5	43	30	43

Подключение двух телевизоров к общей антенне

Подключение двух телевизоров к общей антенне для приема на любом из каналов № 1—12 можно произвести с помощью делителя (рис. 11-18, *а*) или направленного ответвителя (рис. 11-18, *б*). В делителе на резисторах сигнал ослабляется по напряжению в 2 раза (на 6 дБ), в направленном ответвителе — в 1,53 раза (на 3,7 дБ).

Катушки направленного ответвителя содержат по 32 витка ПЭВ-1 0,67; диаметр намотки 7 мм; намотка рядовая, двухзаходная (в два провода наматываются обе катушки).



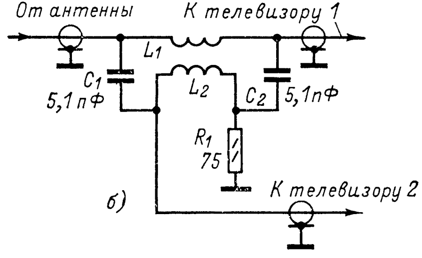


Рис. 11-18.

Если один или оба телевизора, подключаемые к общей антенне, не имеют на входе усилителя ВЧ (например, телевизоры «Луч», «Север»), вследствие чего на антенное гнездо телевизора попадает напряжение собственного гетеродина, которое является источником помех для другого телевизора, нужно применять схему по рис. 11-18, *б*, обеспечивающую взаимную защиту телевизоров от помех.

Комнатные телевизионные антенны

Уверенный прием на комнатные антенны может производиться на расстоянии примерно до 10—12 км от телецентра; это объясняется тем, что напряженность электромагнитного поля внутри зданий меньше, чем снаружи, так как часть энергии электромагнитных волн поглощается в стенах зданий, а часть отражается от металлических конструкций, расположенных внутри стен. Условия приема обычно более благоприятны на верхних этажах, а также когда окна обращены в сторону телецентра и здание не закрыто от прямого сигнала телецентра другими, близко расположенными высокими зданиями.

Для получения хорошего изображения необходимо тщательно подобрать положение антенны в комнате. В большинстве случаев лучше всего располагать антенну вблизи окна.

В качестве комнатных антенн для приема телевидения на каналах 1—12 чаще всего применяют раздвижные полуволновые и укороченные вибраторы.

Раздвижной полуволновой вибратор (рис. 11-19, *а*) обеспечивает получение изображения высокой четкости при приеме на каналах 1—12. Состоит из двух «усов» телескопической конструкции *1*, которые крепятся на шарнирах к подставке из изоляционного материала. „Усы" собирают из трубок толщиной стенки 0,25 мм. Наиболее распространены «усы», состоящие из четырех трубок с наружными диаметрами 7, 6, 5, 4 мм и стержня диаметром 3 мм.

Таблица 11-11

Длины «усов» раздвижных вибраторов

Вид вибратора	Номера телевизионных каналов					
	1	2	3	4	5	6—12
	Длина «уса», мм					
Полуволновой	1 400	1 200	900	800	750	350
Укороченный	1 100	1 000	900	800	750	350

Настройка вибратора на нужный канал производится изменением длины «усов» (табл. 11-11).

Симметрирование вибратора производится с помощью катушки *2* из кабеля, содержащей 4 × 2 витков; намотка катушки — сплошная, диаметр намотки — 40—50 мм. Правая половина катушки является продолжением кабеля снижения. Левая половина выполняется из того же кабеля, что и снижение. Центральный проводник кабеля, из которого выполнена левая половина катушки,

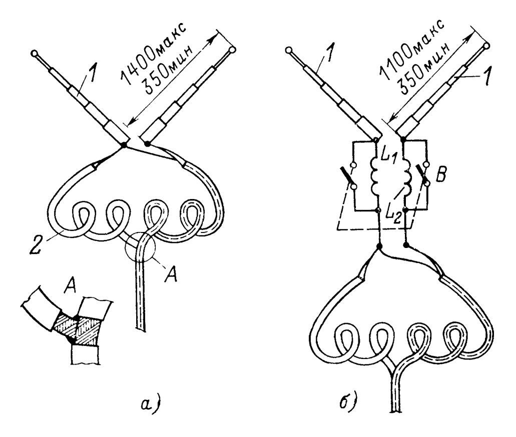


Рис. 11-19.

до припайки половин катушек друг к другу обрезается с обеих сторон и с наружным проводником (экраном) не соединяется.

Раздвижной укороченный вибратор (рис. 11-19, *б*). Длина полностью выдвинутого «уса» на 25—30% меньше, чем у полуволнового вибратора. Настройка производится катушками L_1 и L_2 индуктивностью по 0,2 мкГ (диаметр каркаса 8 мм, намотка сплошная проводом ПЭВ-1 0,64, число витков — 4). Прием на первом канале производится при полностью выдвинутых «усах» и включенных катушках индуктивности. На втором канале катушки нужно оставить включенными, а длину «усов» несколько уменьшить. На каналах 3—12 катушки замкнуты накоротко.

Полоса пропускания укороченных вибраторов на каналах 1 и 2 несколько меньше, чем у полуволновых, однако их удобнее ориентировать в помещении.

В качестве комнатных антенн для приема на ДЦВ могут использоваться нераздвижные полуволновые вибраторы, трех-четырехэлементные антенны типа «волновой канал» и логопериодические.

11-3. АНТЕННЫ ДЛЯ ПРИЕМА РАДИОВЕЩАТЕЛЬНЫХ ПЕРЕДАЧ на ДВ, СВ и КВ

Для приема радиовещательных передач на ДВ, СВ и КВ, которые ведутся с помощью вертикально поляризованных электромагнитных волн, используются антенны в виде вертикального или наклонного провода (рис. 11-20, *а*).

Чем больше действующая высота антенны (см. § 11-1), тем больше напряжение на входе радиоприемника. Для увеличения действующей высоты верхний конец антенны должен обладать емкостью относительно земли. Такой емкостью служит горизонтальный отрезок провода, подключаемый к верхнему концу антенны. Антенны с увеличенной действующей высотой (Г- и Т-образные) показаны на рис. 11-20, *б*, *в*. Действующая высота этих антенн составляет примерно 0,7—0,8 их геометрической высоты. Разновидностью таких антенн является вертикальный провод с «метелочкой» (рис. 11-20, *г*, *д*).

Для приема вещательных передач могут использоваться и комнатные антенны (например, провод длиной 2—3 м).

11-4. АНТЕННЫ ЛЮБИТЕЛЬСКИХ РАДИОСТАНЦИЙ

Антенны для работы на нескольких КВ и УКВ диапазонах

Простейшая антенна для работы на двух диапазонах состоит из двух полуволновых вибраторов *1* и *2* (рис. 11-21, *а*), подключенных к одной фидерной линии.

Такая антенна может быть использована для работы одновременно, например, на 80- и 40-метровом диапазонах, 10- и 2-метровом и т. д. Полная длина в метрах каждого полуволнового вибратора

$$l=\frac{142,5}{f\,[\text{МГц}]},$$

где f — средняя частота диапазона, на котором работает данный вибратор. Получен-

ная расчетом длина вибратора является исходной величиной. Длина антенны должна быть подогнана по максимуму к. б. в. в питающем фидере на средней частоте каждого диапазона.

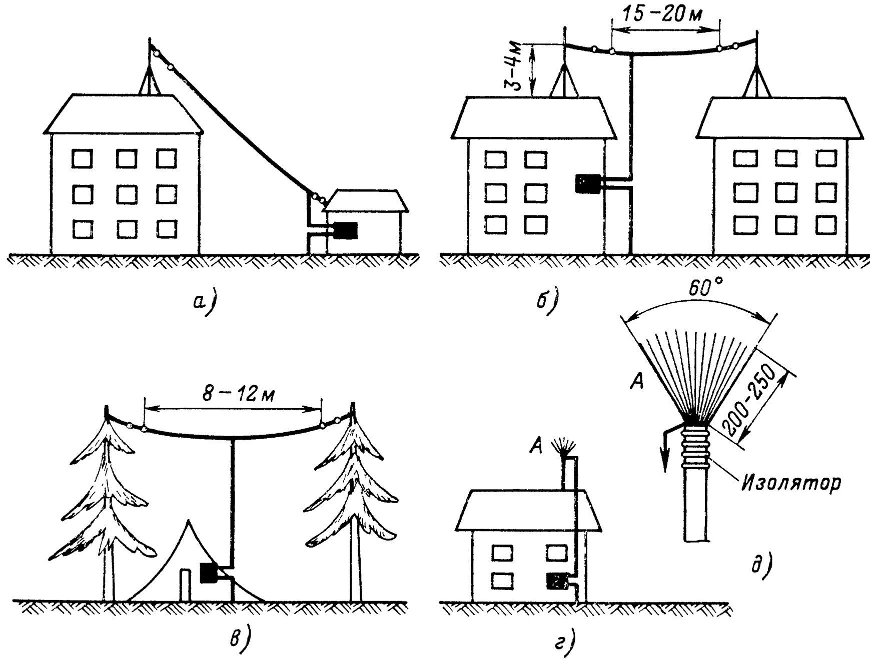


Рис. 11-20.

Вибраторы можно расположить взаимно перпендикулярно. Их центры (места подключения коаксиального кабеля) крепят на мачте, а концы — к четырем другим мачтам, которые могут быть ниже центральной или вообще отсутствовать. В последнем случае концы вибраторов крепят, например, к ограждению крыши.

Число параллельно включенных вибраторов можно увеличить до трех-четырех обеспечив тем самым работу на трех-четырех любительских диапазонах. Питание антенны осуществляется коаксиальным кабелем с 75 или 50 Ом.

Многодиапазонная антенна W3DZZ (рис. 11-21, *б*) дает возможность работать на 10, 14, 20, 40 и 80-метровом диапазонах. Катушки L_1 и L_2 намотаны на каркасах из пластмассы или керамики диаметром 50 мм и содержат по 20 витков провода ПЭВ-2 1,5; длина намотки около 80 мм. Путем сжатия или растяжения витков индуктивность катушки необходимо установить такой, чтобы резонансная частота отдельно взятых контуров была равна 7,05 МГц. Измерение резонансной частоты можно произвести с помощью ГИР. Входящий в контур конденса-

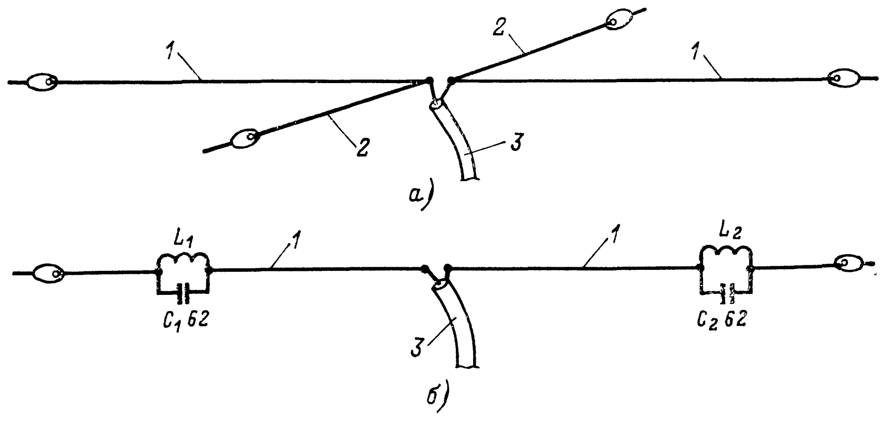


Рис. 11-21.

тор должен иметь емкость 62 ± 2 пФ при номинальном напряжении не менее 3 кВ. Питание антенны должно осуществляться коаксиальным кабелем с волновым сопротивлением $Z_в$ = 75 Ом. Желательно расположить кабель перпендикулярно антенне на длине не менее 5 м.

Антенна Ground plane (рис. 11-22) широко применяется радиолюбителями-коротковолновиками. Рассчитанная на 20-метровый диапазон она может быть использована и на диапазон 15 м. Антенна Ground plane для 15-метрового диапазона хорошо работает на 10-метровом и удовлетворительно на 20-метровом диапазонах.

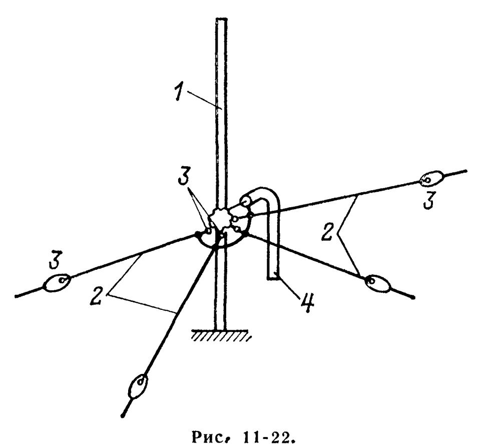


Рис. 11-22.

Эта антенна имеет круговую диаграмму направленности в горизонтальной и прижатую к земле в вертикальной плоскости, что делает ее очень эффективной при проведении дальних связей на коротких волнах.

Антенна конструктивно представляет собой вертикальный проводник *1* (обычно дюралюминиевую трубу), укрепленный на изолированном основании. От основания вертикальной части антенны натягивают четыре изолированных противовеса *2* из медного провода или антенного канатика, изолированных от вертикального проводника изоляторами *3*. Средняя жила коаксиальной фидерной линии *4* соединяется с вертикальным проводником *1*, а внешняя — с проводами противовеса.

Длина l в метрах вертикальной части антенны и каждого из противовесов одинакова и определяется по формуле:

$$l = \frac{72}{f\,[\text{МГц}]},$$

где f — средняя частота основного диапазона, на который рассчитывается антенна.

В горизонтальной плоскости противовесы располагаются через 90°, а в вертикальной угол между плоскостью противовесов и антенной может быть от 90 до 140°.

Питание антенны осуществляется коаксиальным кабелем с волновым сопротивлением $Z_в$ = 50 Ом. Центральная жила кабеля присоединяется к вертикальной части антенны, а оплетка — к противовесам.

Труба антенны 10-метрового диапазона должна иметь диаметр 15—20 мм, 15-метрового диапазона — 20—30 мм, 20-метрового — 30—40 мм и 40-метрового — 50—80 мм.

Направленные антенны

Антенны «волновой канал» дают достаточно хорошие результаты при проведении дальних связей. Такие антенны можно построить по данным табл. 11-4 и 11-5.

Антенна «двойной квадрат» изготавливается из медного провода или антенного канатика диаметром 1,5—2 мм (рис. 11-23). Его натягивают на деревянные или пластмассовые распорки. При соответствующей обработке последних (пропитка, покраска)

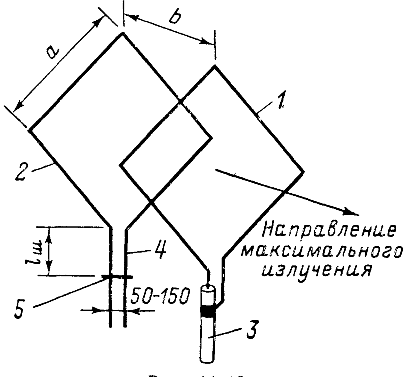


Рис. 11-23.

антенна сохраняет работоспособность в течение нескольких лет. Обе рамки имеют одинаковые размеры; длина стороны квадрата в метрах

$$a = \frac{75{,}6}{f\,[\text{МГц}]}.$$

Расстояние между рамками в метрах

$$b = \frac{60}{f\,[\text{МГц}]}.$$

К рамке *1*, которая является активным вибратором, подключается коаксиальный кабель *3*. К другой рамке *2*, являющейся рефлектором, подключается удлиняющий шлейф *4* с подвижной перемычкой *5*. Длина шлейфа в метрах

$$l_ш = \frac{20}{f\,[\text{МГц}]}.$$

Шлейф изготавливается из такого же провода, что и рамки.

Настройка антенны сводится к регулировке длины шлейфа до получения минимального излучения «назад». Коэффициент усиления антенны при малых углах излучения в вертикальной плоскости (т е. при работе с дальними станциями) 5 дБ. При работе на короткие расстояния усиление антенны снижается.

Уровень заднего лепестка составляет 20 дБ. Антенна должна быть установлена так, чтобы расстояние от проводящей поверхности до центра рамки было не менее половины длины волны.

Симметрирующие согласующие устройства

Петлевой вибратор антенн типа «волновой канал» можно согласовать с коаксиальной фидерной линией с помощью одного из типовых устройств, показанных на рис. 11-13. Вместе с тем радиолюбители применяют в антенных устройствах своих приемно-передающих станций линейные вибраторы с согласующими устройствами, конструктивные схемы которых показаны на рис. 11-24.

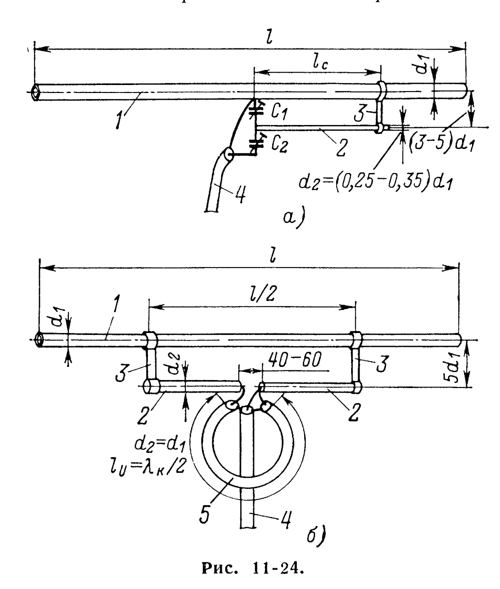


Рис. 11-24.

В устройстве «омега-согласователь» (рис. 11-24, *а*) от середины активного вибратора *1* до перемычки *3*, соединяющей его с дополнительной трубкой *2*, должно быть расстояние в метрах

$$l_с = \frac{13}{f\,[\text{МГц}]}.$$

Внешняя жила коаксиального фидера *4* соединяется с активным вибратором *1*, а внутренняя — с подстроечным конденсатором C_2.

Подстроечные конденсаторы должны иметь максимальные емкости [пФ], вычисленные по формулам:

$$C_1 = \frac{2000}{f\,[\text{МГц}]} \approx 7\lambda\ (\text{м});$$

$$C_2 = \frac{500}{f\,[\text{МГц}]} \approx 1{,}7\lambda\ (\text{м}).$$

После установки антенны последовательной регулировкой емкостей этих конденсаторов необходимо добиться максимального значения к. б. в. на центральной частоте (волне) рабочего диапазона.

В устройстве по рис. 11-24, *б* согласующее устройство образуется дополнительным вибратором из трубы *2*, имеющей такой же диаметр, как основной вибратор *1*, но вдвое меньшую длину, и шлейфом *5* (*U*-колено) из коаксиального кабеля, электрическая длина которого равна половине длины волны в кабеле (0,5 $\lambda_к$).

Длину шлейфа необходимо подогнать с помощью ГИР. Точное согласование антенны с фидером достигается перемещением перемычек *3*.

11-5. КОНСТРУКЦИИ МАЧТ

Металлические мачты. Для изготовления мачт можно использовать трубы наружным диаметром 30—50 мм с толщиной стенок 3—4 мм из металла марок, указанных на стр. 394. Пригодны газовые и водопроводные трубы. Устанавливаемые на крышах мачты антенн для приема телевизионных программ должны иметь высоту 3—5 м.

Мачты для направленных УКВ антенн нужно собирать из двух колен (*1* и *2* на рис. 11-25), что дает возможность легко осуществлять ориентировку антенн на телецентр или корреспондента. Колена мачты скрепляются между собой хомутом *3*. Мачта составляется из двух колен и во всех других случаях, когда длины имеющихся кусков трубы меньше требуемой высоты мачты.

Нижний конец мачты крепится к подпятнику *4* с помощью пальца *5* и шплинтов *6* (рис. 11-25, *б*). Посадка мачты на пальце должна быть свободной, что обеспечивает удобство подъема и опускания мачты. Подпятник крепят к крыше с помощью двух болтов, проходящих через сквозные отверстия в кровле и обрешетке. Со стороны чердака на болты надевается стальная пластина, после чего затягиваются гайки. Между подпятником и кровлей должна быть проложена гидроизоляционная подкладка из листовой резины. Примерно в середине верхнего колена мачты запрессована шпилька *7* (рис. 11-25, *г*), на которую опирается кольцо *8* для крепления растяжек *9*. Растяжки, изготавливаемые из стального оцинкованного провода диаметром 3—4 мм, прикрепляются к кольцу с помощью коушей и трубки. Растяжки располагаются под углом 120° и крепятся к ребрам кровли *11* зажимами *10* (рис. 11-25, *в*) через коуши *12*. Для поворота верхнего колена мачты с установленной на нем телевизионной антенны нужно ослабить верхние болты хомута *3*. После выбора положения антенны болты затягиваются.

Высокие мачты должны иметь несколько ярусов растяжек, располагаемых не реже, чем через каждые 3—4 м.

Крепление стрел и вибраторов УКВ антенн производится с помощью фасонных скоб *14* (рис. 11-25, *д*). Стрелу антенны «волновой канал» *13* (рис. 11-25, *д*) нужно крепить в центре тяжести стрелы. При зна-

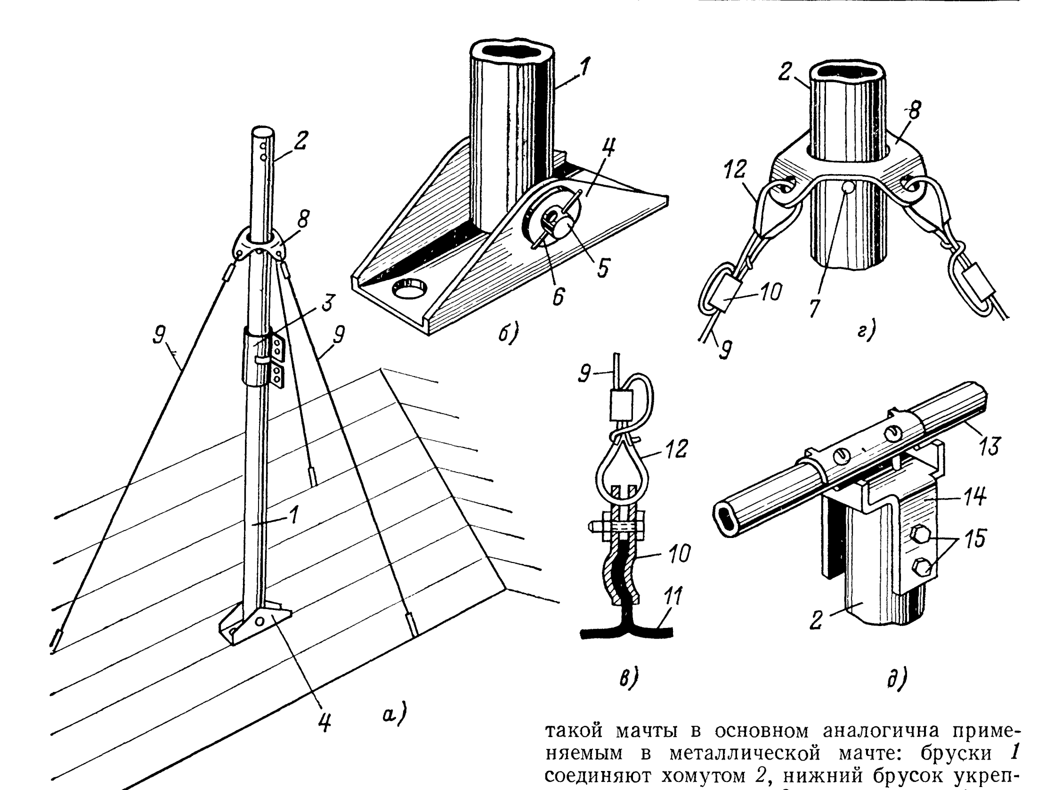
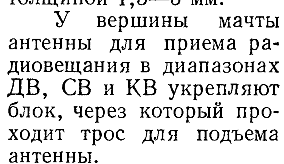


Рис. 11-25.

такой мачты в основном аналогична применяемым в металлической мачте: бруски *1* соединяют хомутом *2*, нижний брусок укрепляют в подпятнике *3*, а оттяжки *4* укрепляют на верхнем бруске с помощью кольца *5*, опирающегося на шпильку *6*.

чительной длине стрелы между ее концом и мачтой нужно установить подкос. Скобы крепления, подпятники, кольца растяжек и другие металлические детали изготовляют



из листовой стали Ст. 3 толщиной 1,5—3 мм.

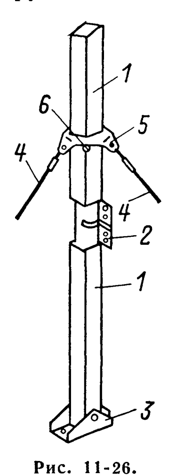


Рис. 11-26.

У вершины мачты антенны для приема радиовещания в диапазонах ДВ, СВ и КВ укрепляют блок, через который проходит трос для подъема антенны.

Если здание имеет черепичную или шиферную кровлю, то во избежание ее повреждения мачту рекомендуется устанавливать на земле.

Такую мачту крепят кронштейнами к стене здания; верхняя часть мачты, как обычно, укрепляется растяжками. Последние в этом случае закрепляются к зарытым в землю якорям. Якорь может представлять собой пропитанный для предохранения от гниения деревянный лежак.

Деревянную мачту (рис. 11-26) можно изготовить из деревянных брусков сечением примерно 60 × 60 мм. Конструкция деталей



11-6. МОЛНИЕЗАЩИТА И ЗАЗЕМЛЕНИЕ АНТЕНН

Телевизионная антенна на заземленной металлической кровле. Если мачта металлическая, то нужно соединить ее верхнюю часть с экранами кабелей и с точкой нулевого потенциала антенны, а нижнюю часть — с кровлей. Точка нулевого потенциала находится у петлевого вибратора в середине неразрезанной трубки, у разрезного вибратора — в середине короткозамыкающей перемычки симметрирующего мостика.

Если мачта деревянная, то нужно подключить к точке нулевого потенциала антенны медный или стальной провод молниеотвода диаметром 3—4 мм, соединив с той же точкой экраны кабелей, проложить провод вдоль мачты (к мачте провод крепится скобками) и соединить его с кровлей.

Телевизионная антенна на неметаллической кровле. Если мачта металлическая, то нужно соединить ее верхнюю часть с экранами кабелей и с точкой нулевого потенциала антенны. К нижней части подключить провод токоотвода, проложить его вдоль стены здания и заземлить, уложив провод по дну траншеи на глубине около 0,5—0,8 м.

Длина горизонтального (заземляющего) луча должна быть: для глины — не менее 2 м, суглинка — 4 м, чернозема — 6 м, песка — 12—15 м.

Если мачта деревянная, то нужно подключить к точке нулевого потенциала антенны провод токоотвода, соединив с той же точкой экраны кабелей, проложить провод вдоль мачты и стены здания и заземлить.

Грозовые переключатели. Для защиты антенн и аппаратуры от атмосферного электричества при РВ приеме на ДВ, СВ и КВ применяют грозовые переключатели. К среднему зажиму переключателя подключают

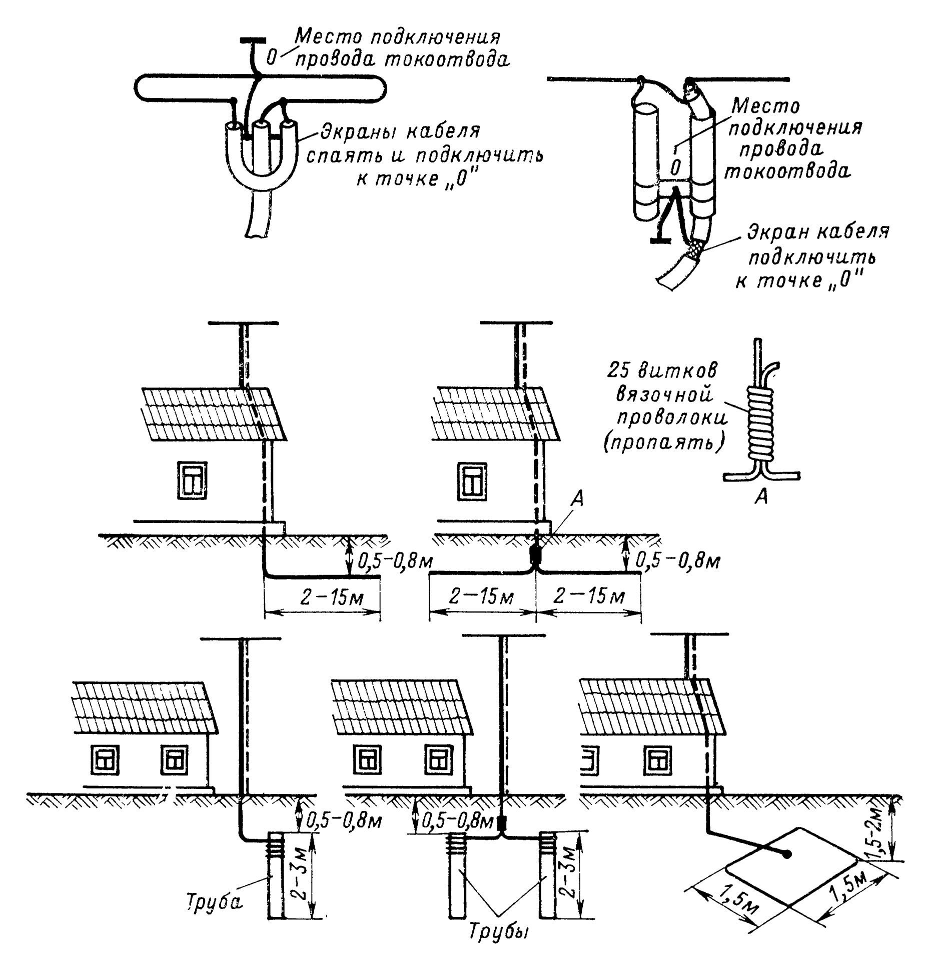


Рис. 11-27.

Для увеличения надежности грозозащиты можно выполнять заземление в виде двух или нескольких лучей из провода диаметром 3—4 мм или из полосового железа шириной 10—20 мм и толщиной 4—5 мм (длина лучей 2—15 м в зависимости от почвы). Можно использовать также газовые трубы длиной 2—3 м, металлический лист большой площади и т. п. Все соединения в системе грозозащиты нужно выполнять надежно, с помощью паек, сварки или, в крайнем случае, путем зажима под болт. Места паек покрываются асфальтовым лаком. Поверхность заземляющих электродов должна быть очищена от краски, лаков и т. п.

Устройство различных систем молниезащиты и заземления показано на рис. 11-27.

антенну, к крайним — соответственно приемник и специально выполненное заземление. При неработающем приемнике и при приближении грозы переключатель переводят в положение, которое соответствует заземлению антенны, антенный штекер вынимают из гнезда приемника.

Для улучшения качества РВ приема на ДВ, СВ и КВ шасси приемника (гнездо *Земля*) целесообразно заземлить, подключив его, например, к трубе центрального отопления. В месте подключения заземляющего провода трубу нужно очистить от ржавчины и краски. Место подключения провода следует закрасить. *Подключать заземляющий провод к газовым трубам нельзя! Заземлять шасси приемников с автотрансформаторным питанием нельзя!*

АЛФАВИТНЫЙ УКАЗАТЕЛЬ

СПИСОК ОПЕЧАТОК

Стр.	Колонка	Строка, № рис., № табл.	Напечатано	Следует читать
7	2		Поменять местами графические символы, указывающие направления поступления и ухода сигналов	
13	1	3 и 4 сн.	Газосветная лампа, например неоновая	Стабилитрон (стабилизатор напряжения)
13	1	1 и 2 сн	Стабилитрон (стабилизатор напряжения)	Газосветная лампа, например неоновая
19	2	6 и 7 св.	по формуле (1-7)	по формуле (1-8)
20	2	28 и 29 св	феррита 600НН), четырехсекционный каркас, ⌀ 3,2 мм.	феррита 600НН, четырехсекционный каркас ⌀ 3,2 мм).
51	2	1 св.	В50НН	50НН
61	2	7 св.	Наиболее распространена схема	В ламповых приемниках прямого усиления распространена схема
62	–	Рис 2-73	C_4 620	C_4 330
70	2	1 сн.	напряжений смещения	напряжений смещения ламп
75	2	19 и 20 сн	Несущие промежуточных частот изображения и звукового сопровождения	Сигналы изображения и несущая частота звукового сопровождения
77	2	7 и 8 сн.	с заземленной базой	с общей базой
81	–	Рис. 3-10	Соединенные последовательно с конденсаторами C_5 и C_6 катушки обозначить соответственно L_3 и L_4.	
103	1	4,8 и 9 св.	Потенциометр R_{10}	Переменный резистор R_{10}
104	1	8 сн.	Катушка L_{61}	Катушка L_{64}
106	2	7 и 8 сн.	$L_1 — L_{45}$	L_1 (L_{45})
106	—	Рис. 3-46	C_{25} 3,9—5 — подстроечный конденсатор	C_{25} 3,9—5 *пф* — конденсатор переменной емкости
106	2	1 сн.	$L_2 — L_{47}$	L_2, L_3 (L_{46}, L_{47})
107	—	Рис. 3-47	Конденсатор C_7 и резистор R_2 должны быть соединены с сеткой *7* лампы $Л_1$	
108	1	4 сн.	$L_4 — L_{46}$	L_4 (L_{48})
109	—	Рис. 3-49	C_4 — постоянной емкости	C_4 — подстроечный
109	2	10 сн.	и несущую ПЧ изображения соседнего канала	и подавляющий помеху со стороны сигнала изображения соседнего канала
110	—	Рис. 3-50	Левая на схеме лампа — $Л_{305}$ типа 6Ж5П. Контакт *17* (~6,3В) должен быть соединен с гнездом *7* разъема *КП-1а* и подогревателями ламп $Л_{301}$ и $Л_{305}$.	
113	2	6 сн.	сердечник БЛ16×25	сердечник ШЛ16×25
118	—	Рис. 3-56	R_{522} 0,25; R_{533} 1,5; R_{448} 0,56; R_{454} 0,56; R_{453} 0,47; R_{525} 3,3; R_{412}	R_{522} 270 к; R_{533} 1,5 Мом; R_{448} 560 к; R_{454} 560 к; R_{453} 470 к; R_{525} 3,3 Мом; R_{412} 560 к
119			Трансформатор в анодной цепи лампы $Л_{401б}$ $Тр_{401}$.	
121	—	Рис. 3-57	Конденсатор, подключенный к диоду $Д_{24}$, 10 мкФ, 100 В.	
128	1	13 и 14 сн.	E_{R-Y}, E_{G-Y} и E_{B-Y}	E'_{R-Y}, E'_{G-Y} и E'_{B-Y}
149		1 сн.	класса IVA	класса IV
150	2	19 и 20 св	должно быть 10—30 мВ на 1 кОм входного сопротивления.	должно быть 10—30 мВ.
162	2	Табл 4-10	Сопротивления резистора R_{10} относятся ко всем значениям $U_п$	
182	2	26 св.	$33\frac{1}{3}$ об/мин	$33\frac{1}{3}$ и 45 об/мин
187	2	17 св	— согласно рис. 5-1 и 5-2.	согласно рис. 5-1 и 5-2 (вид со стороны рабочего слоя ленты).
193		Рис. 5-12	Подстроечный конденсатор 8—30 пФ должен быть включен параллельно конденсатору 51 пФ Катоды ламп 6Н2П и 6Е5С соединены с корпусом.	
194	2	4 сн.	R_2C	R_2C_2
220	—	Рис. 6-19	Катушки индуктивности, включенные параллельно конденсаторам C_{10} и C_{11}, нужно обозначить соответственно L_3 и L_4	
229	—	Табл. 7-1	В строке 4 снизу указаны данные батареи 70АМЦГ-5, а ниже — данные батареи «Восток»	
270	—	Рис 8-27, *б*	К коллектору транзистора должно быть приложено отрицательное напряжение.	
300		Рис. 10-1	Штырьки нумеруются по часовой стрелке, начиная с левого нижнего.	
315		Рис. 10-4, левый нижний чертеж	6	6′
325		Рис. 10-15	КЛ101А, Б	КЛ101А — КЛ101В
328		Табл 10-29	$P^{т}_{макс}$ для П607 — П609Б дана при $t_к$ = 40 °С, для ГТ402А, Б — при 35 °С; для ГТ403А — ГТ403И $P_{макс}$ дана при t_c = 20 °С, а $P_{макс}$ — при $t_к$ = 25 °С.	
332		Табл. 10-31	*S*, мА/В	*G*, мА/В
336		Рис 10-21	ГТ311	ГТ311Е — ГТ311И
339		Рис. 10-22	КТ602, КТ604	КТ602А, КТ602Б, КТ604Б
342		Рис. 10-23	П4, П201—П203	П4АЭ — П4ДЭ, П201Э — П203Э
351	1	4—8 св.	63 °С (по сравнению с первоначальной разностью температур терморезистора и окружающей среды) с момента перенесения его из среды с температурой 0 °С в среду с температурой 100 °С.	63% по сравнению с первоначальной разностью температур терморезистора и окружающей среды.
358		Табл. 10-50	$P_{qмакс}$, В · Ар	$P_{qмакс}$, вар

Цена 2р. 27к.